

ANGELA SCHNAPPAUF

DIE SONOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNG UND VERMESSUNG DES KNIEGELENKES BEI HUNDEN MIT PATELLALUXATION



INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2005

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2005

© 2005 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Wettenberg
Printed in Germany



VVB LAUFERSWEILER VERLAG
édition scientifique

GLEIBERGER WEG 4, D-35435 WETTENBERG
Tel: 06406-4413 Fax: 06406-72757
Email: VVB-IPS@T-ONLINE.DE

www.doktorverlag.de

Aus der Klinik für Kleintiere (Chirurgie)
der Justus-Liebig-Universität Gießen
Betreuer: PD Dr. M. Gerwing

**Die sonographische Untersuchung
und Vermessung des Kniegelenkes
bei Hunden mit Patellaluxation**

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von

Angela Schnappauf

Tierärztin aus Grevenbroich

Gießen 2005

Mit Genehmigung des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität in Gießen

Dekan: Prof. Dr. M. Reinacher

1. Berichterstatter: PD Dr. M. Gerwing

2. Berichterstatter: Apl. Prof. Dr. E. Burkhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 8. Juni 2005

Für meine Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	3
2.1	Physikalische Grundlagen der Sonographie	3
2.2	Artefakte	4
2.2.1	Distaler Schallschatten (Schallauslöschung)	4
2.2.2	Distale Schallverstärkung	4
2.2.3	Pseudousur	4
2.2.4	Rauschen	5
2.2.5	Tangentialphänomen	5
2.2.6	Wandernder Reflex	5
2.2.7	Wiederholungsecho (Reverberation)	5
2.3	Sonographisches Erscheinungsbild verschiedener Gewebe	6
2.3.1	Haut	6
2.3.2	Unterhaut und Fett	6
2.3.3	Muskel	6
2.3.4	Sehne	6
2.3.5	Knorpel	6
2.3.6	Knochen	7
2.3.7	Gefäße	7
2.4	Anatomie des Kniegelenkes beim Hund	7
2.4.1	Knochen des Kniegelenkes	7
2.4.1.1	Distaler Teil des Femurs	7
2.4.1.2	Patella	7
2.4.1.3	Proximale Tibia	8
2.4.2	Muskel des Kniegelenkes	8
2.4.2.1	Musculus quadriceps femoris	8
2.4.3	Articulatio genus	8
2.4.3.1	Articulatio femoropatellaris	8
2.4.3.2	Articulatio femorotibialis	9
2.5	Patellaluxation beim Hund	9
2.5.1	Vorkommen der Patellaluxation	9
2.5.2	Einteilung der Patellaluxation	10
2.5.2.1	Einteilung der Patellaluxation nach Putnam (1968)	10
2.5.2.2	Einteilung der Patellaluxation nach Singleton (1969)	10
2.5.2.3	Einteilung der Patellaluxation nach dem Schweizer Modell	11
2.5.3	Klinik der Patellaluxation	13
2.5.4	Pathogenese der Patellaluxation	13
2.5.5	Diagnose der Patellaluxation	14
2.5.5.1	Klinisch-orthopädischer Untersuchungsgang	14
2.5.6	Therapiemöglichkeiten	15

2.5.6.1	Faszienraffung	15
2.5.6.2	Trochleaplastik	15
2.5.6.3	Trochleakeil- bzw. Trochleablock-Vertiefung	16
2.5.6.4	Transposition der Tuberositas tibiae	16
2.5.6.5	Rotationsosteotomie	16
2.5.6.6	Fadenzügel	17
2.5.6.7	Fibulakopftransposition	17
2.5.6.8	Patellektomie, Implantate	17
2.6	Bildgebende Verfahren zur Diagnostik der Patelladislokation in der Humanmedizin	18
2.6.1	Röntgen	18
2.6.1.1	Sulkuswinkel, Kondylenwinkel, Trochleawinkel	18
2.6.1.2	Verhältnis zwischen lateraler und medialer Kondylushöhe	19
2.6.2	Sonographie des Kniegelenkes	20
2.6.2.1	Gerätetechnik	20
2.6.2.2	Untersuchungsgang des Kniegelenkes	21
2.6.2.3	Untersuchungsgang bei Patelladislokation	22
2.6.2.4	Untersuchungsparameter bei Patelladislokation	22
2.6.2.4.1	Sulkuswinkel	22
2.6.2.4.2	Trochleatiefe	23
2.6.2.4.3	Laterale Femurkondylushöhe	24
2.6.2.4.4	Maximal senkrechte Höhe des Kondylus	24
2.6.2.4.5	Horizontale Distanz beider Femurkondylen	25
2.7	Bildgebende Verfahren zur Diagnostik der Patellaluxation in der Veterinärmedizin	26
2.7.1	Röntgen	26
2.7.2	Sonographie	27
2.7.2.1	Gerätetechnik	27
2.7.2.2	Sonographischer Untersuchungsgang am Kniegelenk	28
2.7.2.3	Sonographie bei Patellaluxation	29
2.7.3	Magnetresonanztomographie	29
2.7.4	Computertomographie	29
2.7.5	Arthroskopie	30
3	Eigene Untersuchungen	33
3.1	Material und Methode	33
3.1.1	Gerätebeschreibung	33
3.1.2	Dokumentation	34
3.1.3	Messungen	34
3.2	Voruntersuchungen	35
3.2.1	Sonographisches Bild der Präparate im Wasserbad	36
3.2.1.1	Ligamentum patellae	36
3.2.1.2	Patella	36
3.2.1.3	Trochlea ossis femoris	36

3.3	Patientenauswahl	37
3.3.1	Klinische Untersuchung	38
3.3.2	Patientendaten der untersuchten Hunden	38
3.3.3	Patientendaten der Hunde mit Patellaluxation	41
3.4	Vorbereitung des Patienten	45
3.4.1	Narkose	45
3.4.2	Lagerung	46
3.4.3	Ankopplung	46
3.4.4	Vorlaufstrecke	46
3.5	Sonographischer Untersuchungsgang	47
3.5.1	Suprapatellarer Querschnitt	47
3.5.2	Infrapatellarer Querschnitt	48
3.6	Untersuchungsparameter	49
3.6.1	Sulkuswinkel	49
3.6.2	Länge des medialen und lateralen Kondylus	49
3.6.3	Sulkusbreite	49
3.6.4	Trochleatiefe	50
3.6.5	Breite des medialen und lateralen Kondylus	51
3.6.6	Höhe des medialen und lateralen Kondylus	52
3.7	Statistische Auswertung	53
4	Ergebnisse	55
4.1	Sonographische Untersuchungen	55
4.1.1	Sulkuswinkel	55
4.1.1.1	Suprapatellarer Sulkuswinkel	55
4.1.1.2	Infrapatellarer Sulkuswinkel	57
4.1.2	Sulkusbreite	59
4.1.2.1	Suprapatellare Sulkusbreite	59
4.1.2.2	Infrapatellare Sulkusbreite	61
4.1.3	Trochleatiefe	63
4.1.3.1	Suprapatellare Trochleatiefe	63
4.1.3.2	Infrapatellare Trochleatiefe	65
4.1.4	Länge des medialen und lateralen Kondylus	67
4.1.4.1	Länge des suprapatellaren medialen Kondylus	67
4.1.4.2	Länge des suprapatellaren lateralen Kondylus	69
4.1.4.3	Verhältnis zwischen medialer und lateraler Kondyluslänge (suprapatellar)	71
4.1.4.4	Länge des infrapatellaren medialen Kondylus	72
4.1.4.5	Länge des infrapatellaren lateralen Kondylus	74
4.1.4.6	Verhältnis zwischen medialer und lateraler Kondyluslänge (infrapatellar)	76
4.1.5	Breite des medialen und lateralen Kondylus	77
4.1.5.1	Breite des suprapatellaren medialen Kondylus	77
4.1.5.2	Breite des suprapatellaren lateralen Kondylus	79
4.1.5.3	Breite des infrapatellaren medialen Kondylus	81
4.1.5.4	Breite des infrapatellaren lateralen Kondylus	83
4.1.6	Höhe des medialen und lateralen Kondylus	85

4.1.6.1	Höhe des suprapatellaren medialen Kondylus	85
4.1.6.2	Höhe des suprapatellaren lateralen Kondylus	87
4.1.6.3	Verhältnis zwischen medialer und lateraler Kondylushöhe (suprapatellar)	89
4.1.6.4	Höhe des infrapatellaren medialen Kondylus	90
4.1.6.5	Höhe des infrapatellaren lateralen Kondylus	92
4.1.6.6	Verhältnis zwischen medialer und lateraler Kondylushöhe (infrapatellar)	94
4.2	Intraoperative Messungen der Trochleatiefe	95
5	Diskussion	97
5.1	Allgemeines	97
5.2	Sonographische Untersuchung	97
5.2.1	Sulkuswinkel	99
5.2.2	Sulkusbreite	101
5.2.3	Trochleatiefe	101
5.2.4	Länge des Kondylus	103
5.2.4.1	Verhältnis zwischen medialer und lateraler Kondyluslänge	103
5.2.5	Breite des Kondylus	104
5.2.6	Höhe des Kondylus	105
5.2.6.1	Verhältnis zwischen medialer und lateraler Kondylushöhe	106
5.3	Intraoperative Messungen der Trochleatiefe	107
5.4	Schlussfolgerung	107
6	Zusammenfassung	111
7	Summary	113
8	Literaturverzeichnis	115
9	Anhang	126

Abkürzungsverzeichnis

A	Alter
Abb.	Abbildung
AGK	Arbeitsgemeinschaft Kleintierpraxis
BLK1	Breite lateraler Kondylus suprapatellar
BLK2	Breite lateraler Kondylus infrapatellar
BMK1	Breite medialer Kondylus suprapatellar
BMK2	Breite medialer Kondylus infrapatellar
BPT	Bund praktischer Tierärzte
BS1	Sulkusbreite suprapatellar
BS2	Sulkusbreite infrapatellar
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
CT	Computer-Tomograph
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
d. h.	das heißt
DSH-Mix	Deutscher Schäferhundmischling
DVG	Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft
Ges	Geschlecht
Gew	Gewicht
HD	Hüftgelenksdysplasie
HLK	Höhe lateraler Kondylus
HLK1	Höhe lateraler Kondylus suprapatellar
HLK2	Höhe lateraler Kondylus infrapatellar
HMK	Höhe medialer Kondylus
HMK1	Höhe medialer Kondylus suprapatellar
HMK2	Höhe medialer Kondylus infrapatellar
i. v.	intravenös
J	Jahre
kg	Kilogramm
KM	Körpermasse
LFK	Lateraler Femurkondylus
LLK1	Länge lateraler Kondylus suprapatellar
LLK2	Länge lateraler Kondylus infrapatellar
LMK1	Länge medialer Kondylus suprapatellar
LMK2	Länge medialer Kondylus infrapatellar
m	männlich
max	Maximum
mg	Milligramm
MHz	Megahertz
min	Minimum
-Mix	-Mischling
MFK	Medialer Femurkondylus
mk	männlich kastriert
MKH	Höhe des medialen Kondylus
mm	Millimeter
MP	Messpunkt

Abkürzungsverzeichnis

MRI	Magnetresonanz-Tomographie
m/s	Meter pro Sekunde
MW	Mittelwert
n	Anzahl der untersuchten Tiere
Nr.	Nummer
Pat-Nr	Patientennummer
PL	Patellaluxationsgrad
Q-Winkel	Quadriceps-Winkel
s	Standardabweichung
SA	Sulkuswinkel
SA1	Sulkuswinkel suprapatellar
SA2	Sulkuswinkel infrapatellar
SG	Sulkusgrund
ST1	Trochleatiefe suprapatellar
ST2	Trochleatiefe infrapatellar
stabwa	Standardabweichung
TT	Trochleatiefe
TWLK	Weite des lateralen Kondylus
TWMK	Weite des medialen Kondylus
US-Nr	Ultraschallnummer
v. a.	vor allem
VDH	Verband für das Deutsche Hundewesen
w	weiblich
wk	weiblich kastriert
\bar{x}	Mittelwert
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil
*	nicht bekannt/nicht gemessen

1 Einleitung

Die Patellaluxation als orthopädische Erkrankung stellt bei kleinwüchsigen Hunderassen ein ernstzunehmendes Problem dar. Die Gradeinteilung der Patellaluxation erfolgt nach den grundlegenden Arbeiten von *Putnam (1968)* und *Singleton (1969)* und erstreckt sich auf die Grade I-IV, je nach Ausprägungsgrad der Patellaluxation. Der Patellaluxation zugrunde liegen typische Abweichungen der Knochen- und Weichteilstrukturen.

Da es sich bei der Patellaluxation um eine erbliche Erkrankung handelt, sollten betroffene Hunde aus der Zucht ausgeschlossen werden. Die *Arbeitsgemeinschaft Kleintierpraxis (AGK)* im Bundesverband praktischer Tierärzte (BPT) gibt seit 1998 Leitlinien zur Diagnose der Patellaluxation heraus, die auf dem Untersuchungsverfahren von Professor Montavon aus Zürich beruhen. Es werden Kurse für Tierärzte angeboten, um diesen Untersuchungsgang zu erlernen und zu beherrschen. Zur Zeit beruht die Diagnose der Patellaluxation auf einer klinisch-orthopädischen Untersuchung, da es kein zuverlässiges bildgebendes Verfahren gibt. *Meyer (2001)* bestimmte mit Hilfe einer speziellen Röntgentechnik (DIMA) die Trochleatiefe an Kniegelenken von Hunden mit und ohne Patellaluxation. Damit die Röntgenbilder korrekt gelagert waren und ausgewertet werden konnten, musste diese Untersuchung in Narkose erfolgen. Eine eindeutige Einteilung in die verschiedenen Patellaluxationsgrade konnte mit diesen Parametern nicht erfolgen.

Eine weitere Untersuchung (*Kaiser, 1999*) führte verschiedene Messungen an Röntgenbildern und magnetresonanz-tomographischen Kniegelenksbildern durch. Es gelang jedoch auch mit diesen Methoden nicht, die Hunde in die korrekten Patellaluxationsgrade einzuteilen.

In der Humanmedizin wurde die Trochlea ossis femoris bei Patienten mit Patelladislokation, wie die Patellaluxation in der Humanmedizin genannt wird, sonographisch dargestellt und vermessen (*Nietosvaara, 1994; Nietosvaara et Aalto, 1993 und 1997; Martino et De Serio, 1998; Vaara et al., 1997*).

In der Tiermedizin erfolgt der Einsatz der Sonographie im Bereich des Kniegelenkes inzwischen seit einigen Jahren beim Pferd (*Penninck et al., 1990; Cauvin et al., 1996*), beim Hund (*Reed et al., 1994, 1995 und 1998; Engelke et al., 1997; Stengel, 1997; Gnudi et al., 1999; Kramer et al., 1998 und 1999; Müller, 2002*) und auch beim Rind (*Kofler, 1999*). Die Arbeiten im Bereich des Kniegelenkes des Hundes beschäftigen sich überwiegend mit der Darstellung der Anatomie, der Ruptur des kranialen Kreuzbandes, des Meniskus und von Meniskopathien, der Osteochondrosis dissecans und von Tumoren.

Die Sonographie des Kniegelenkes im Hinblick auf Patellaluxation wird erwähnt. Die luxierte Patella lässt sich im Ultraschall dokumentieren und die Tiefe der Trochlea kann festgestellt werden (*Kramer et al., 1999*). Es gibt bisher jedoch keine Untersuchung, in der die Trochlea bei Hunden vermessen wurde. Ziel dieser Arbeit war es, die Trochlea auszumessen, Werte bei Hunden mit und ohne Patellaluxation aufzustellen und festzustellen, ob diese Messwerte eine Einteilung in die verschiedenen Patellaluxationsgrade ermöglichen. Außerdem wurde untersucht, ob die sonographische Darstellung der Trochlea im wachen Zustand möglich ist, um den betroffenen Tieren das Risiko einer Narkose zu ersparen.

2 Literaturübersicht

2.1 Physikalische Grundlagen der Sonographie

Als Ultraschall werden Schallwellen bezeichnet, deren Frequenz oberhalb der menschlichen Hörgrenze von 20000 Hertz liegen. Zu diagnostischen Zwecken in der Medizin werden Frequenzen von 1-10 MHz selten bis 15 MHz verwendet (*Fritsch et Gerwing, 1993*).

Der Ultraschallkopf, der aus einem oder mehreren Kristallen (z. B. Quarz, Bariumtitanat, Lithiumniobat und -sulfat) besteht, dient als Sender und Empfänger (*Fritsch et Gerwing, 1993*). Er ist in der Lage, elektrische in mechanische Energie umzuwandeln (reziproker piezoelektrischer Effekt) (*Barr, 1992; Kellner, 1996*). Beim Senden wird diese mechanische Energie als Schwingung in das umgebende Gewebe weitergeleitet (*Braun et al., 1998*). Umgekehrt kann der Ultraschallkopf mechanische in elektrische Energie wandeln (piezoelektrischer Effekt). Die empfangenen elektrischen Signale werden nach elektronischer Verarbeitung im Ultraschallgerät auf dem Monitor abgebildet.

Die Ausbreitung der Schallwellen im Körper erfolgt, abhängig von dem Widerstand der einzelnen Gewebe und damit der akustischen Impedanz, unterschiedlich schnell. Die durchschnittliche Ausbreitungs-Geschwindigkeit beträgt in Luft 330 m/s, im Knochen 2700-4100 m/s und im Weichteilgewebe 1470-1630 m/s (*Barr, 1992; Gerwing, 1989*). Die Schallwellen werden von Luft zu 99,88 % und von Knochen zu 46 % reflektiert. Wasser und Weichteilgewebe lassen die Schallwellen zu nahezu 100 % penetrieren (*Gerwing, 1989*).

Die Schallfrequenz ist abhängig von der Dicke der Kristalle im Ultraschallkopf. Je höher die Frequenz, desto größer ist die Dämpfung im Gewebe, desto geringer ist die Eindringtiefe und um so besser ist das Auflösungsvermögen (*Barr, 1992; Konermann et Gruber, 2000*).

Derzeit finden 3 verschiedene Schallkopfsysteme Anwendung: Der Linearschallkopf oder Linear-Array beinhaltet 40-256 nebeneinander angeordnete Kristalle. Entsprechend der Anordnung der Kristalle entsteht ein breites rechteckiges Bild. Dieser Schallkopftyp bietet ein großes Bildfeld, benötigt jedoch auch eine große Ankopplungsfläche (*Fritsch et Gerwing, 1993*). Es ist der standardmäßig in der orthopädischen Sonographie eingesetzte Schallkopf (*Gerwing, 1991; Kramer et Gerwing, 1996*). Beim Sektorscannen werden ein elektronischer und ein mechanischer Schallkopf unterschieden. Die Schallwellen werden von einem kleinen Schallkopf ausgesandt und benötigen aus diesem Grund nur eine kleine Ankopplungsfläche. Das erzeugte Bild ist fächerförmig und besitzt ein schmales Nahfeld (*Gerwing, 1989*). Der Konvexschallkopf oder Curved-Array-Applikator ist ein Kompromiss zwischen Linear- und

Sektorschallkopf. Er soll die Vorteile dieser beiden Schallköpfe miteinander kombinieren: eine größere Sichtbreite im Nahfeld und die Divergenz des Sektorschallkopfes (*Braun et al., 1998; Fritsch et Gerwing, 1993; Gerwing, 1989*).

2.2 Artefakte

Artefakte sind nicht reale Bildstrukturen, die aus sehr unterschiedlichen Gründen entstehen können (*Konermann et Gruber, 2000*). Ursachen sind im Ultraschallgerät (z. B. Bedienungsfehler: zu hohe Gesamtverstärkung), in der Technik des Untersuchers (z. B. Ankopplungsartefakt) oder in unvermeidlichen physikalischen Kunstprodukten zu suchen (*Fritsch et Gerwing, 1993; Goddard, 1995*). Artefakte sind Bestandteil eines jeden Ultraschallbildes. Sie können, durch ihr Fehlen oder Auftauchen an bestimmten Stellen, bei der Findung der korrekten Diagnose hilfreich sein (*Braun et al., 1998*).

2.2.1 Distaler Schallschatten (Schallauslöschung)

Ein distaler Schallschatten entsteht, wenn die Schallwellen an sehr reflexreichen Grenzflächen reflektiert und/oder absorbiert werden, wie z. B. an Knochen, Steinen, Verkalkungen, Gas, Bariumsulfat, Kot und Metallen. Die Mindestgröße zur Erzeugung eines Schallschattens liegt bei 1-3 mm (*Barr, 1992; Fritsch et Gerwing, 1993; Green, 1996*).

2.2.2 Distale Schallverstärkung

Distal von Flüssigkeit oder reflexarmem Gewebe erscheint das Gewebe durch die tiefenabhängige Verstärkung zu echoreich oder zu hoch verstärkt im Gegensatz zu Strukturen, welche sich auf gleicher Höhe seitlich davon befinden. Grund für dieses Artefakt ist die kaum vorhandene Absorption und Reflexion der Schallwellen in Flüssigkeit verglichen mit dem Gewebe in der Nachbarschaft. (*Dudwiesus, 1995; Fritsch et Gerwing, 1993*).

2.2.3 Pseudousur

Wird eine gekrümmt verlaufende Knochenoberfläche tangential angeschallt, so erscheint der Knochen hier nicht reflexreich sondern reflexarm oder reflexlos. Dieser scheinbare Defekt der Knochenoberfläche entsteht dadurch, dass nur wenige Schallwellen in Richtung des Schallkopfes reflektiert werden. Dieses Phänomen wird als Pseudousur bezeichnet und kann von der echten Usur durch die Anwendung eines orthograden Anschallwinkels unterschieden

werden. Senkrecht angeschallt verschwindet die Pseudousur an dieser Stelle und tritt an benachbarten Regionen wieder auf (*Konermann et Gruber, 2000; Michele, 2000*).

2.2.4 Rauschen

Das Rauschen wird durch eine zu hohe Gesamtverstärkung ausgelöst und erzeugt multiple reflexreiche Punkte auf dem Monitor. Rauschen täuscht korpuskuläre Bestandteile in Flüssigkeit vor. In solidem Gewebe verstärkt das Rauschen die Eigenreflexe (*Fritsch et Gerwing, 1993; Gerwing, 1989*).

2.2.5 Tangentialphänomen

Als Tangentialphänomen werden Schallschatten laterodistal an rundlichen flüssigkeitsgefüllten Hohlräumen bezeichnet. Ursächlich werden zum einen die Reflexions- und Brechungsgesetze diskutiert, zum anderen wird es auch als Folge einer hohen inneren Dämpfung des Wandmaterials angesehen. Dieses Phänomen wird auch als (Zysten)-Randschatten, laterale Schallauslöschung oder lateral shadowing bezeichnet (*Dudwiesus, 1995; Gerwing, 1989; Michele, 2000*).

2.2.6 Wandernder Reflex

Typischerweise tritt der wandernde Reflex an Sehnen oder Muskulatur auf. Die Sehne ist durch ihre glatte Oberfläche ein starker Reflektor. Wird die Sehne senkrecht angeschallt, so erscheint das typische Sehnenmuster: parallele reflexreiche Linien. Ändert sich jedoch der Anschallwinkel (z. B. durch den gekrümmten Verlauf einer entspannten Sehne), so dass die Schallwellen schräg oder flach auf der Sehne auftreffen, so wird dieser Bezirk echoärmer oder inhomogen abgebildet. Dies kann leicht mit pathologischen Veränderungen verwechselt werden (*Braun et al., 1998; Harland, 1988; Konermann et Gruber, 2000*).

2.2.7 Wiederholungsecho (Reverberation)

Reverberationen treten zwischen zwei starken Grenzflächen auf. Die Schallwellen laufen mehrmals zwischen dem Reflektor und der Ultraschallsonde hin und her und werden als parallele reflexreiche und reflexarme Linien abgebildet. In zunehmender Tiefe werden die Wiederholungsechos schwächer (*Braun et al., 1998; Fritsch et Gerwing, 1993; Gerwing, 1989; Green, 1996; Konermann et Gruber, 2000*).

2.3 Sonographisches Erscheinungsbild verschiedener Gewebe

2.3.1 Haut

Die Haut erscheint als dünne reflexreiche Linie mit einer Dicke von 1-2 mm (*Kramer 1992*).

2.3.2 Unterhaut und Fett

Die Subkutis besteht überwiegend aus Fetteinlagerungen. Fett besitzt ein reflexarmes Echobild, welches von reflexreichen Linien und Tüpfelungen durchzogen wird (*Harland et Sattler, 1991; Michele, 2000*).

2.3.3 Muskel

Die Grundstruktur der Muskulatur zeichnet sich durch Echoarmut aus. Im Längsschnitt stellen sich die Muskelsepten als parallel oder gefiedert verlaufende echoreiche Streifen dar. Quer getroffene Muskulatur zeigt sich echoarm mit den intramuskulären Septen als reflexreiche Tüpfelung. Faszien umhüllen als reflexreiche Linien die Muskeln (*Gerwing et Kramer, 1994; Kramer, 1992*).

2.3.4 Sehne

Im Längsschnitt erscheint die Sehne als Gebilde mit parallelen, reflexreichen Linien, im Querschnitt rund bis oval und reflexreich. Die sonographische Darstellung der Sehne wird in hohem Maße vom Anschallwinkel beeinflusst. Bei senkrechter Anschallung zeigt die Sehne sich echoreich, bei schrägem Auftreffen echoarm bis echofrei (wandernder Reflex). Korrekt beurteilen lässt sich die Sehne nur in senkrecht untersuchten Bereichen (*Gerwing et Kramer, 1994; Harland, 1988, Kramer et Gerwing, 1991; Sattler et Harland, 1988*).

2.3.5 Knorpel

Hyaliner Knorpel stellt sich sonographisch echoarm bis echolos dar (*Kellner, 1996; Konermann et Gruber, 2000*). Seine Dicke beträgt beim Hund ungefähr einen Millimeter (*Kramer et al., 1999*). In der Humanmedizin wird die sonographisch gemessene Knorpeldicke mit 0,5-3 mm und einem Mittelwert von 1,8 mm angegeben (*Helzel et al., 1987*). Schräg angeschallt wird der Knorpelsaum fälschlicherweise schmaler abgebildet (*Kellner, 1996; Konermann et Gruber, 2000*).

2.3.6 Knochen

Knochen erscheint bei orthogradem Anschallwinkel als glatte echoreiche Linie mit distalem Schallschatten. Da nur 0,1–1 % der Schallwellen die Kortikalis durchdringen und der überwiegende Teil reflektiert wird, kann nur die schallkopfnahе Knochenoberfläche beurteilt werden (*Gerwing et Kramer, 1992; Konermann et Gruber, 2000*). Nicht orthograd betrachtet erscheint die Knochenoberfläche rauh, unregelmäßig begrenzt und von geringerer Echogenität,

z. T. mit scheinbarer Konturunterbrechung (Pseudousur) (*Kellner, 1996; Kramer, 1992*).

2.3.7 Gefäße

Im Längsschnitt stellen sich Gefäße als reflexarme bis reflexlose tubuläre Schläuche mit reflexreicher Wand dar, im Querschnitt rund oder kreisförmig. Bei Arterien ist häufig eine Pulsation sichtbar. Venen lassen sich durch manuellen Druck mit der Ultraschallsonde komprimieren (*Kramer, 1992*).

2.4 Anatomie des Kniegelenkes beim Hund

2.4.1 Knochen des Kniegelenkes

2.4.1.1 Distaler Teil des Femurs

Das distale Ende des Femurs besteht aus den beiden nach kaudodistal abgebogenen Gelenkknorren (Condylus lateralis und Condylus medialis), die durch die Fossa intercondylaris (Zwischenknorrengrube) voneinander getrennt werden. Kranial von den Kondylen erhebt sich die Trochlea ossis femoris (Kniescheibenrolle). Sie besteht aus zwei Rollkämmen und der Rollfurche. Der mediale Rollkamm ist beim Hund etwas stärker ausgeprägt als der laterale (*Nickel et al., 2001*).

2.4.1.2 Patella

Die Patella des Hundes hat ein längsovales Aussehen und ist doppelt so lang wie breit. Ihre nach dorsal zeigende konvexe Seite nennt sich Facies cranialis und die zum Femur hin liegende Seite Facies articularis. Proximal befindet sich die Basis der Patella und distal das stumpfere Ende, Apex. An der Basis setzen mittig und bilateral Faserknorpel an (Fibrocartilago suprapatellaris und parapatellaris lateralis und medialis) (*Nickel et al., 2001*).

2.4.1.3 Proximale Tibia

Die proximale Tibia wird von den beiden Schienenbeinknörren, Condylus lateralis und medialis, mit der jeweiligen Facies articularis proximalis gebildet. Zwischen den beiden Kondylen befindet sich eine Erhebung, die Eminentia intercondylaris (Zwischenknörrenfortsatz) und kaudal die Incisura poplitei (Kniekehlausschnitt). Kranioproximal an der Tibia ist eine kräftige Schienenbeinbeule, Tuberositas tibiae, ausgebildet, an der das Ligamentum patellae ansetzt (*Nickel et al., 2001*).

2.4.2 Muskel des Kniegelenkes

2.4.2.1 Musculus quadriceps femoris

Der Musculus quadriceps femoris ist der wichtigste Strecker des Kniegelenkes und besteht aus vier Anteilen: Der Musculus rectus femoris, der Musculus vastus lateralis, der Musculus vastus medialis und der Musculus vastus intermedius. Sie alle münden mit ihrer gemeinsamen Endsehne, dem mittlerem geraden Kniescheibenband, Ligamentum patellae, an der Tuberositas tibiae. Die Patella ist ihr Sesambein (*Nickel et al., 2001*).

2.4.3 Articulatio genus

Das Kniegelenk wird von zwei verschiedenen Anteilen gebildet: dem Kniescheibengelenk, Articulatio femoropatellaris, und dem Kniekehlgelenk, Articulatio femorotibialis (*Nickel et al., 2001*).

2.4.3.1 Articulatio femoropatellaris

Das Kniescheibengelenk setzt sich aus der Trochlea ossis femoris und der Patella zusammen. Bei Bewegung des Kniegelenkes gleitet die Patella zwischen dem lateralen und medialen Rollkamm nach proximal und distal. Daher wird es als Schlittengelenk bezeichnet. Die Gelenkkapsel des Kniescheibengelenkes zieht nach proximal ca. 15 mm unter den Musculus quadriceps femoris. Sie besitzt nach lateral und medial eine Ausbuchtung. Nach distal steht die Gelenkkapsel mit der Kniegelenkshöhle in Verbindung. Neben den Faserknorpeln, Fibrocartilago suprapatellaris, Fibrocartilago parapatellaris lateralis und medialis, verstärken bindegewebige Haltebänder an beiden Seiten den Sitz der Patella. Beim Fleischfresser sind diese Retinacula patellae lateralia und medialis im Gegensatz zu den anderen Haussäugetieren nur wenig ausgebildet und lassen sich nur schwer von dem tiefen Fasziablatt trennen. Sie

ziehen von den Ossa sesamoidea musculi gastrocnemii zu den Seitenflächen der Patella (Nickel et al., 2001).

2.4.3.2 Articulatio femorotibialis

Das Kniekehlgelenk besteht aus den Kondylen des Femur und der Facies articularis der proximalen Tibia (Nickel et al., 2001).

2.5 Patellaluxation beim Hund

2.5.1 Vorkommen der Patellaluxation

Die Patellaluxation ist eine beim Hund sehr viel häufiger vorkommende Erkrankung als bei anderen Tierarten wie z. B. Pferd, Rind, Schwein oder Katze (Priester et al., 1970). Nach Priester (1972) erkrankten Hündinnen mehr als eineinhalb Mal so oft wie Rüden, kleine Hunde sind mehr als zwölf Mal so häufig betroffen wie große Hunderassen (Priester, 1972; Schäfer et al., 1982). Zu nennen sind: Cavalier King Charles Spaniel, Chihuahua, Malteser, Papillon, Pekinese, Pomeraner, (Toy)-Pudel, kleine Terrier (Hodgeman, 1963; Niemand et Suter, 2001). Bei den großwüchsigen Hunderassen werden Alaskan Malamute, Bernhardiner und Irish Setter als prädisponierte Rassen aufgeführt (Hulse, 1981). 50 Prozent der Hunde zeigen eine bilaterale Patellaluxation (Roush, 1993). Als Ursache für die Patellaluxation wird eine erbliche Komponente angenommen. Der genaue Vererbungsmodus ist zurzeit jedoch ungeklärt und wird als polygenetisch oder unbekannt beschrieben (Bonath et Prieur, 1998; Knight, 1963; Kodituwakku, 1962; Löffler et Meyer, 1961; Niemand et Suter, 2001).

Die Luxation der Patella kann nach lateral oder medial erfolgen, wobei die Luxation nach lateral weit weniger häufig auftritt als die nach medial (Roush, 1993). Von der medialen Kniescheibenluxation sind häufiger kleine oder zwergwüchsige Hunderassen betroffen, von der lateralen kleine und großwüchsige gleichermassen (Brunnberg, 1998) bzw. häufiger mittlere und große Rassen (Niemand et Suter, 2001).

Läufige Hündinnen oder solche mit mehreren Würfen zeigen eine Tendenz zur verstärkten Patellaluxation. Möglicherweise sind diese Effekte auf den Einfluss von Östrogenen zurückzuführen. Gezieltes Muskeltraining oder auch der Einsatz von Anabolika können im Gegensatz dazu den Luxationsgrad erniedrigen (Koch et al., 1998).

2.5.2 Einteilung der Patellaluxation

Bei der Patellaluxation wird die angeborene, kongenitale, von der traumatisch bedingten Luxation unterschieden (*Schimke et Paatsama., 1993*), die nach Trauma oder nach vorausgegangener Arthrotomie des Kniegelenkes entstehen kann. Ist die Patellaluxation durch ein Trauma ausgelöst worden, so ist sie meist vergesellschaftet mit Frakturen, Hämatomen, Kreuzbandruptur oder Wunden (*Roush, 1993*).

Zusätzlich wird zwischen einer habituellen und einer stationären, d. h. permanenten, Patellaluxation unterschieden. Bei der habituellen Patellaluxation tritt die Luxation nicht ständig auf und die Patella kann in den Sulkus zurückverlagert werden (*Schimke et Paatsama, 1993*).

In der Literatur werden vier verschiedene Grade der Patellaluxation beschrieben. Es werden funktionelle und morphologische Kriterien in die Einteilung miteinbezogen (*Singleton, 1969*).

2.5.2.1 Einteilung der Patellaluxation nach *Putnam (1968)*

Grad I:

Die Patella kann nur durch manuellen Druck luxiert werden, reponiert sich jedoch nach Einstellen des Druckes spontan.

Grad II:

Bei der Patellaluxation Grad II wird die Patella durch lateralen Druck des Untersuchers, durch Beugung des Kniegelenkes oder durch das Tier selbst nach medial luxiert. Die Patella bleibt nach der Untersuchung luxiert, nimmt durch erneuten Druck oder durch aktive Bewegung des Tieres wieder ihre normale Position ein.

Grad III:

In dieser Gruppe ist die Patella die meiste Zeit luxiert, sie kann nur durch Druck bei gestrecktem Bein in den Sulcus patellaris geschoben werden. Bei Einstellen des Druckes relaxiert die Patella.

Grad IV:

Die Patella liegt permanent luxiert vor und kann manuell auch nicht durch starken Druck bei maximal gestrecktem Bein in den Sulcus patellaris verlagert werden.

2.5.2.2 Einteilung der Patellaluxation nach *Singleton (1969)*

Grad I:

Die Patella lässt sich bei gestrecktem Bein leicht manuell luxieren und reponiert sich selbständig nach Einstellen des Druckes. Krepitation im Kniegelenk ist nicht vorhanden. Es ist nur eine geringgradige mediale bzw. selten laterale Verschiebung der Tuberositas tibiae

vorhanden. Flexion und Extension des Kniegelenkes verlaufen in einer Geraden ohne Abduktion des Sprunggelenkes. Dieser Grad der Patellaluxation führt zum gelegentlichen Hochziehen des betroffenen Beines.

Grad II:

Bei diesem Patellaluxationsgrad ist es möglich, sicher in Narkose, die Patella durch Aussenrotation der Tibia zu reponieren. Die Patella relaxiert spontan wieder nach Einstellen des Druckes. Die Tibia ist bis zu 30° gegenüber dem Femur nach innen rotiert und die Tuberositas tibiae ist geringgradig verschoben. Wenn die Patella medial sitzt, ist das Sprunggelenk leicht abduziert. Dieser Grad der Patellaluxation kommt häufig vor. Die Gliedmaße wird gewöhnlich hochgezogen, es kann ein wenig Gewicht getragen werden, dabei bleibt das Kniegelenk leicht gebeugt. Durch die ständige Luxation der Patella entstehen Knorpelerosionen sowohl an der ventralen Seite der Patella als auch an der medialen Trochlea. Dies führt zum Auftreten von Krepitation bei Manipulation des Kniegelenkes.

Grad III:

Die Kniescheibe liegt permanent luxiert mit Rotation der Tibia und Verschiebung der Tuberositas tibiae um 30 bis 60° von der antero-posterioren Ebene vor. Obwohl die Patella luxiert vorliegt, benutzen die Tiere in vielen Fällen das Bein in halbgebeugter Position. Die Trochlea ist sehr flach oder nicht ausgebildet.

Grad IV:

Die Patella ist permanent luxiert. Rotation der Tibia und der Tuberositas tibiae führen zu einer weiteren Verschiebung, so dass sie zwischen 60 und 90° von der anterioren-posterioren Ebene gedreht liegen. Die Patella liegt überhalb des medialen Kondylus und es kann eine Lücke zwischen Ligamentum patellae und dem distalen Femur gefühlt werden. Das Bein wird angezogen oder das Tier bewegt sich in einer hockenden Position mit der Gliedmaße halbgebeugt. Die Trochlea ist nicht ausgebildet oder sogar konvex.

2.5.2.3 Einteilung der Patellaluxation nach dem Schweizer Modell

In der Schweiz haben Tierärzte (*Koch et al., 1998; Grundmann et al., 1999*) in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Kynologischen Gesellschaft einen Untersuchungsgang zur Diagnose der Patellaluxation entwickelt. Die Einteilung in die verschiedenen Patellaluxationsgrade basiert auf den Beschreibungen von *Putnam (1968)*. Allerdings lassen seine Ausführungen Interpretationsmöglichkeiten zu, die durch gezielte Ergänzungen vermieden werden sollen. Für die Einteilung in die verschiedenen Luxationsgrade gilt immer der schlechteste Untersuchungsbefund. Am Anfang der

Untersuchung erfolgt eine Einteilung in laterale oder mediale Patellaluxation sowie eine Grobeinteilung in die Grade 0, 1 oder 2 (Patella im Sulcus patellaris) oder in die Grade 3 oder 4 (Patella luxiert).

Grad 0:

Eine reitende Patella, die sich auf den Rollkamm schieben lässt, aber nicht vollständig luxieren, erhält den Luxationsgrad 0. Die Patella, die in situ sitzt, d. h. im Sulcus patellaris, gehört zum Patellaluxationsgrad 0.

Grad I:

Die Patella lässt sich manuell luxieren, springt jedoch nach Einstellen des Druckes wieder in den Sulcus patellaris zurück.

Grad II:

In dieser Gruppe ist die Patella manuell luxierbar, die Reposition erfolgt erst nach Bewegung oder Manipulation der Gliedmaße.

Grad III:

Bei diesem Luxationsgrad liegt die Patella spontan oder permanent luxiert vor, kann jedoch durch manuellen Druck in die Trochlea ossis femoris verlagert werden. Liegt die Patella einmal luxiert vor, so wird dies mit Grad III beurteilt, auch wenn die Patella allein durch Manipulation an der Gliedmaße reponiert werden kann.

Grad IV:

Die Patella ist permanent luxiert und kann nicht reponiert werden.

In Deutschland haben sich der VDH (Verband für das Deutsche Hundewesen) und die AGK (Arbeitsgemeinschaft Kleintierpraxis im BPT) dem Schweizer Modell angeschlossen.

2.5.3 Klinik der Patellaluxation

Das klinische Erscheinungsbild der Patellaluxation reicht von nicht lahm bis zur hochgradigen Lahmheit (*Read, 1999*). Bei entsprechenden anatomischen Veränderungen wird die Erkrankung meist in den ersten vier Lebensmonaten diagnostiziert. Die Lahmheit tritt bei habitueller Patellaluxation häufig erst nach einigen Jahren auf (*Gitterle, 1991*). Die Tiere entlasten die Hintergliedmaße für einige Schritte vollständig und laufen danach wieder lahmheitsfrei.

Typisch für eine stationäre Patellaluxation ist eine Streckhemmung der betroffenen Gliedmaße. Die Hunde laufen bei bilateraler Luxation mit gebeugten und mit nach außen gedrehten Kniegelenken und versuchen das Gewicht auf die Vordergliedmaßen zu verlagern. Bei hochgradiger Ausprägung bewegen sich die Tiere wie ein Hase hoppelnd und mit gekrümmten Rücken vorwärts (*Schimke et Paatsama, 1993*).

2.5.4 Pathogenese der Patellaluxation

Die Entstehung und Entwicklung der Patellaluxation werden kontrovers diskutiert. Einigkeit besteht insofern, als dass alle Autoren die gleichen anatomischen Veränderungen, die bei einer medialen Patellaluxation vorkommen, aufzählen: Sitz der Patella medial, Medialverlagerung der Quadricepsmuskulatur, Coxa vara, mediale Verlagerung der Tuberositas tibiae und des kranialen Tibiarandes, laterale Winkelung oder Schrägstellung des femorotibialen Gelenkspaltes, Rotationsinstabilität des Kniegelenkes, flache bzw. fehlende Rollfurchen der Trochlea ossis femoris, Hypoplasie des medialen Rollkamms, Asymmetrie der Femur- und Tibiakondylen, Genu varum, (*Bonath et Prieur, 1998; Hulse, 1981; Loeffler et Meyer, 1961; Read, 1999; Roush, 1993; Shuttleworth, 1935*).

Die bei der lateralen Patellaluxation vorkommenden Abnormalitäten entsprechen dem gegenläufigem Bild der medialen Patellaluxation. Die aufgeführten anatomischen Gegebenheiten bei der Patellaluxation zeigen, dass nicht das Kniegelenk isoliert als Sitz der Erkrankung zu betrachten ist, sondern dass eine gesamte Anomalie der Beckengliedmaße vorliegt.

Für *Shuttleworth (1935)* und *Loeffler et Meyer (1961)* scheint die Kleinheit der Patella und die Hypoplasie der Kondylen, besonders des medialen Kondylus, Hauptursache für die Patellaluxation zu sein. *Hulse (1981)* und *Read (1999)* stellen die These auf, dass sämtliche anatomischen Veränderungen des Muskel- bzw. Skelettsystems bei der medialen Patellaluxation auf einer Verlagerung der Quadricepsmuskelgruppe beruhen. Dies führt zu einem unterschiedlichen Wachstum am distalen Femur. Durch den verstärkten Druck medial auf die offenen Epiphysenfugen entsteht eine Hypoplasie des medialen Kondylus und auf der lateralen Seite eine Hyperplasie des lateralen Kondylus. Aufgrund dieser Druck- bzw. Zugverhältnisse kommt es an der proximalen Tibia zu einer Varusstellung sowie zu einer Medialisierung der Tuberositas tibiae. Zusätzlich verursacht der fehlende formative Reiz der Patella die Ausbildung einer flachen Trochlea. Für *Campbell et Pond (1972)*, *Putnam (1968)* und *Roush (1993)* beginnt die Patellaluxation mit knöchernen Veränderungen. Die Coxa vara und ein verminderter Anteversionswinkel des Femur ziehen ihrer Meinung nach alle anderen Weichteil- und Knochenabnormalitäten nach sich. In einer Studie von *Henschel et al. (1981)* wurden jungen Beaglen einseitig die Patella und die Quadricepssehne reseziert. Es fand sich später kein Unterschied zwischen der operierten und der nicht operierten Seite am Sulcus patellaris. Damit sieht er seine Ansicht bestätigt, dass die Form der Trochlea ossis femoris erblich fixiert ist und mechanische Einflüsse auf die embryonale Gelenkentwicklung unbedeutend sind.

2.5.5 Diagnose der Patellaluxation

2.5.5.1 Klinisch-orthopädischer Untersuchungsgang

Zur Diagnose der Patellaluxation sollte eine ausführliche Anamnese erhoben, eine Gangbeurteilung und eine klinisch-orthopädische Untersuchung durchgeführt werden. Im Stehen wird die Position der Patella überprüft. Zusätzlich wird die Ausprägung der Muskulatur und das Gelenk auf einen Erguss hin palpiert. Anschliessend werden die Tiere in Rückenlage verbracht mit 90° Flexion im Hüft-, Knie- und Tarsalgelenk. In dieser Stellung werden die Hintergliedmaßen nach außen und innen rotiert, um eine asymmetrische Rotation

der beiden Tibiae und eine Laxizität im Kniegelenk zu erfassen. Der nächste Untersuchungsabschnitt findet in Seitenlage statt. Die Patella wird aufgesucht und die Hintergliedmaße in allen möglichen Positionen auf eine Patellaluxation hin überprüft (*Koch et al., 1998; Grundmann et al., 1999*). Zum Auslösen der Kniescheibenluxation ist ein Auswärts- bzw. Einwärtsdrehen der Gliedmaße behilflich (*Roush, 1993*).

2.5.6 Therapiemöglichkeiten

Je länger die Patellaluxation besteht, desto mehr anatomische Veränderungen liegen vor (*Hulse, 1981; Hutter et al., 1983*). Aus diesem Grund sollte die Korrektur der Patellaluxation so früh wie möglich geschehen. Ziel ist es, eine möglichst physiologische Gliedmaßenachse wiederherzustellen. Je stärker die Patellaluxation ausgeprägt ist, desto mehr Korrekturen sind erforderlich. Die Operation verbessert die Gliedmaßenfunktion, schützt jedoch nicht vor dem Fortschreiten der Arthrosen am Kniegelenk. Es stehen die folgenden operativen Therapiemöglichkeiten zur Verfügung:

2.5.6.1 Faszienraffung

Durch eine länger bestehende Patellaluxation verkürzt sich die Faszie bzw. Kapsel auf der Seite der Luxation und ist an der gegenläufigen Seite überdehnt. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, die überdehnte Seite zu raffern oder einen schmalen Faszienstreifen zu entfernen. Durch Vernähen der Faszie wird ein leichter Zug in die der Patellaluxation entgegengesetzten Richtung ausgeübt (*Bonath et Prieur, 1998; Campbell et Pond, 1972; Gitterle, 1991; Harrison, 1975; Hulse, 1981*). Bei jungen Hunden kann dies als alleinige Operation verwendet werden, um durch den formativen Reiz der Patella die Ausbildung des Sulcus patellaris zu induzieren (*Gitterle, 1991*). Lässt sich die Patella aufgrund einer verkürzten Kapsel bzw. Faszie nicht in die Trochlea patellaris reponieren, so wird eine Kapsulotomie von der Tuberositas tibiae aus bis hin zum Musculus sartorius durchgeführt. Dieser Schnitt sollte nicht vernäht werden (*Hulse, 1981*).

2.5.6.2 Trochleaplastik

Zur Vertiefung des Sulcus patellaris gibt es mehrere Methoden mit und ohne Erhalt des hyalinen Knorpels. Bei der Trochleaplastik oder Arthroplastik (*Gitterle, 1991; Hulse, 1981*) wird die Trochlea z. B. mit Hilfe einer Fräse vertieft. Nachteil dieser Operation ist der Verlust an hyalinem Knorpel. Die Chondroplastik oder Trochleasulkoplastik kann nur bei jungen Hunden unter 8 Monaten durchgeführt werden. Bei älteren Hunden ist die Anwendung dieser

Methode nicht möglich, da der Knorpel sich als zu brüchig erwiesen hat. Mit einem Skalpell wird jeweils lateral und medial am Grat und proximal der Trochlea der Knorpel eingeschnitten und nach distal geklappt. Eine Lage des freiliegenden spongiösen Knochens wird mit einem scharfem Löffel oder mit einer Luerzange entfernt und anschliessend der Knorpel-Flap wieder in seine ursprüngliche Position gebracht (*Harrison, 1975; Johnson, 2002; Roush, 1993; Vasseur, 1993*).

2.5.6.3 Trochleakeil- bzw. Trochleablock-Vertiefung

Bei der Trochleakeil- bzw. Trochleablock-Vertiefung wird mit der oszillierenden Säge proximal vom Beginn des Knorpels an bis hin zum Beginn des Interkondylarraumes ein Keil bzw. ein Block entfernt. Dieser Keil sollte mindestens die Breite der Patella aufweisen. Ein Teil des freiliegenden spongiösen Knochens wird reseziert. Die Menge wird anhand eines laterolateral aufgenommenen Röntgenbildes bestimmt und sollte ungefähr die Hälfte der Dicke der Patella betragen. *Matis (1999)* entfernt ein scheibenförmiges Segment der Trochlea, welches parallel zur Schnittrichtung des Keiles und entgegen der Luxationsrichtung liegt. Die Dicke der entfernten Scheibe bestimmt das Ausmaß der Trochleavertiefung. Anschließend wird der Keil oder Block eingelegt und angedrückt. Eine Fixierung findet nicht statt (*Bonath et Prieur, 1998; Johnson et al., 2001; Slocum et Slocum, 1993; Vasseur, 1993*).

2.5.6.4 Transposition der Tuberositas tibiae

Die Versetzung der Tuberositas tibiae erfolgt in die der Patellaluxation entgegengesetzten Richtung. Die Tuberositas tibiae wird mit Erhalten einer distalen Periostbrücke osteotomiert und seitlich verschoben. Die Fixation erfolgt mittels Kirschner Bohrdrähten, Zuggurtung oder Schraube. Ziel dieser Operationsmethode ist das Begradigen des Muskelzuges, den die Quadricepsgruppe auslöst (*Bonath et Prieur, 1998; Campbell et Pond, 1972; Hutter, 1983; Johnson et Hulse, 2002; Koch et Montavon, 1997; Matis, 1999; Schmökel et al., 1993; Singleton, 1969; Vasseur, 1993*).

2.5.6.5 Rotationsosteotomie

Bei der Rotationsosteotomie wird das Femur im distalen Drittel durchtrennt und um ungefähr 12 Grad nach medial rotiert. Diese Operationsmethode soll die Trochlea in die Zugachse der Patellarsehne verbringen. Die artifiziell gesetzte Fraktur wird mit einer dynamischen Kompressionsplatte versorgt (*Schmidtke, 1981*).

2.5.6.6 Fadenzügel

Um die Rotationsinstabilität des Kniegelenkes zu verhindern, können Fadenzügel nach Flo-Henschel angelegt werden. Die nichtresorbierbaren Fäden werden um das laterale und/oder mediale Sesambein geschlungen und durch 2 Bohrkanäle, die sich in der Tuberositas tibiae befinden, gezogen und verknotet (*Bonath et Prieur, 1998; Harrison, 1975; Henschel et al., 1981; Vasseur, 1993*).

Zur Vermeidung einer Patellaluxation kann auch das Anschlingen der Patella mit einem nicht resorbierbaren Faden dienen, der durch zwei Bohrungen in den Femurkondylen fixiert wird (*Schäfer, 1981; Schäfer et al., 1982*).

2.5.6.7 Fibulakopftransposition

Beim Versetzen des Fibulakopfes wird eine Auswärtsdrehung der Tibia verursacht und damit die Rotationsinstabilität des Kniegelenkes behoben (*Vasseur, 1993*).

2.5.6.8 Patellektomie, Implantate

Weitere in der Literatur genannte Therapien der Patellaluxation sind z. B. die Patellektomie (*Bonath et Prieur, 1998; Singleton, 1969*) oder das Einsetzen eines Polytetrafluorethylen-Implantates, das am Femur proximal des Kondylus fixiert wird, um ein Gleiten des Quadricepsmuskels und der Patella nach medial bzw. lateral zu verhindern (*Pearson et Ramsey, 1963*).

2.6 Bildgebende Verfahren zur Diagnostik der Patelladislokation in der Humanmedizin

2.6.1 Röntgen

In der Humanmedizin wird der axialen Röntgenaufnahme des Femoropatellargelenkes große Bedeutung zur Diagnose der Patelladislokation, wie die Patellaluxation in der Humanmedizin genannt wird, beigemessen. Als Urheber wird Settegast angesehen, der 1921 die axiale Röntgenaufnahme bei maximal gebeugtem Kniegelenk einführte (*Brattström, 1964*). Bei der axialen Röntgenaufnahme mit 90° Kniegelenksbeugung, auch als Skyline Aufnahme bezeichnet, wird die Patella tief in den Sulkus gedrückt. Die Aufnahme mit 60° Beugung ist geeignet zur Darstellung der Morphologie der Patella und ihrer Kontaktzone mit dem Femur. Zur Beurteilung, ob die Patella zur Subluxation neigt, sollte die Aufnahme des 30° gebeugten Kniegelenkes herangezogen werden (*Newberg et Seligson, 1980*).

Malghem et Maldague (1989) untersuchen die axiale Röntgenaufnahme bei unterschiedlich starker Kniegelenksbeugung und -rotation. In ihren Studien erzielten sie die besten Ergebnisse bei 30° gewinkeltem und nach lateral rotiertem Kniegelenk. Diese Technik deckt zweimal so häufig wie die routinemässig oft durchgeführte 45° Winkelung ohne Außenrotation eine Patelladislokation bei Patienten mit Schmerzen im Kniegelenk auf. Die Trochleatiefe bestimmen diese beiden Autoren auf dem laterolateralen Kniegelenksröntgenbild. Ihrer Meinung nach kann, im Gegensatz zur axialen Röntgenaufnahme, bei dieser Lagerung die Trochleatiefe auf der gesamten Länge bestimmt werden (*Malghem et Maldague, 1989*).

2.6.1.1 Sulkuswinkel, Kondylenwinkel, Trochleawinkel

Als erster beschreibt *Brattström (1963; 1964)* den Sulkuswinkel, der in seinen Untersuchungen bei 90° gebeugtem Kniegelenk auf der axialen Röntgenaufnahme gemessen wird. *Merchant et al. (1974)* und *Beaconsfield et al. (1994)* modifizieren seine Technik und bestimmen den Winkel bei 45° bzw. bei 30° gebeugtem Knie. Als Messpunkte des Sulkuswinkels, auch als Kondylen- oder Trochleawinkel bezeichnet, dienen die höchsten Punkte der Kondylen und der tiefste Punkt des Kondylus.

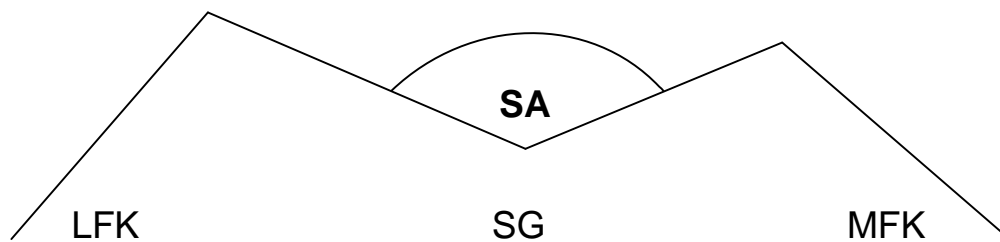


Abb. 1: Sulkuswinkel nach Brattström

LFK = lateraler Femurkondylus, MFK = medialer Femurkondylus, SG = Sulkusgrund, SA = Sulkuswinkel

In der Tabelle 1 sind die von unterschiedlichen Autoren festgestellten Normalwerte des Sulkuswinkels aufgeführt:

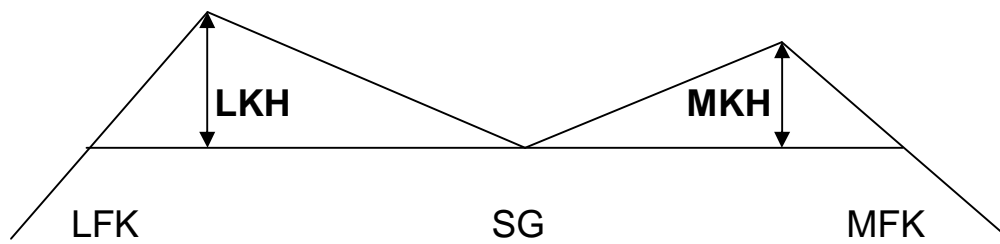
Tabelle 1: Normalwerte Sulkuswinkel in Grad

Autoren	Sulkuswinkel (°)
<i>Brattström, 1963/1964</i>	142 (141,79-142,78)
<i>Merchant et al., 1974</i>	138 (126-150)
<i>Aglietti et al., 1983</i>	137 (116-151)
<i>Dowd et Bentley, 1986</i>	139 (120-150)
<i>Beaconsfield et al., 1994</i>	124-145

2.6.1.2 Verhältnis zwischen lateraler und medialer Kondylushöhe

Das Verhältnis zwischen lateraler und medialer Kondylushöhe wird auf der axialen Röntgenaufnahme bestimmt. Durch den Sulkusgrund wird eine Linie gelegt. Von dieser Geraden aus wird der höchste Punkt des lateralen bzw. medialen Kondylus gemessen. Das normale Verhältnis der beiden Kondylen zueinander sollte 2:1 betragen (*Brattström, 1963*). *Beaconsfield et al. (1994)* modifizieren die Messung, indem die Strecke zwischen dem tiefsten Punkt der Trochlea und dem höchsten Punkt des lateralen bzw. medialen Kondylus gemessen wird. Bei Patelladysplasie ist das Verhältnis der beiden Kondylen $> 1,7$ (*Beaconsfield et al., 1994*).

A.



B.

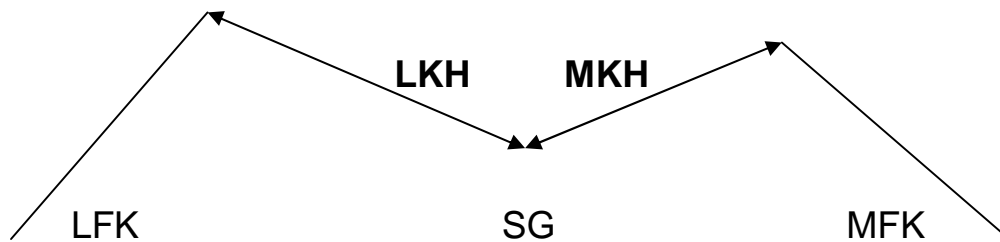


Abb. 2: Verhältnis zwischen lateraler und medialer Kondylushöhe nach *Brattström* (A) und nach *Beaconsfield et al.* (B)

LFK = lateraler Femurkondylus, LKH = Höhe des lateralen Kondylus, MFK = medialer Femurkondylus, MKH = Höhe des medialen Kondylus, SG = Sulkusgrund

2.6.2 Sonographie des Kniegelenkes

2.6.2.1 Gerätetechnik

Die ersten Untersuchungen des Kniegelenkes fanden mit einem 5 MHz Linearschallkopf statt (*Bloier, 1987; Dittrich, 1991; Dubs-Kunz, 1991; Jerosch et al., 1989; Laine et al., 1987; Röhr, 1984 und 1987; Schricker et al., 1987; Tran et Vogel, 1987*). Einige Autoren nutzen ebenfalls den Linearschallkopf ohne Angabe der Frequenzen (*Ackermann et Sattler, 1995; Gruber et Konermann, 1997; Harland et Sattler, 1991; Konermann et Gruber, 2000; Löffler, 1989*). Andere setzten Linear- oder Sektorschallköpfe von 5 bis 7,5 MHz ein (*Graf, 1989; Graf et Schuler, 1988; Jerosch et al., 1989; Kellner et Reimers, 1996; Sattler, 1995; Strobel et Stedtfeld, 1991*). Die Auswahl des Transducers ist abhängig davon, welche Kniegelenksstruktur dargestellt werden soll (*Graf, 1989*). Der Sektorschallkopf findet vor allem bei der Darstellung des vorderen (*Graf et Schuler, 1988*) und des hinteren Kreuzbandes als auch bei den Menisken Verwendung (*Jerosch et al., 1989*). Der Linearschallkopf wurde bei allen übrigen Strukturen eingesetzt (*Jerosch et al., 1989*).

Der bevorzugte Wandler zur Untersuchung des Kniegelenkes auf Patelladislokation ist der Linearschallkopf. In neueren Studien wird üblicherweise eine Frequenz von 7-7,5 MHz

genutzt (*Grobbelaar et Bouffard, 2000; Martino et al., 1998; Nietosvaara et Aalto, 1993; Nietosvaara, 1994 und 1997*). Lediglich in einer Studie wird ein 5 MHz Schallkopf verwendet (*Vaara et al., 1997*). In den 80er Jahren wurden Schallfrequenzen von 3,5-5 MHz eingesetzt (*Eichhorn et Weber, 1987*).

Die Ankopplung an das Kniegelenk kann Probleme bereiten (*Löffler, 1989*). Aus diesem Grunde benutzen einige Autoren ein Gelkissen als Vorlaufstrecke (*Graf et Schuler, 1988; Laine et al., 1987*). Andere Untersucher verzichten bewusst auf den Einsatz einer Vorlaufstrecke, da diese zusätzliche Artefakte erzeugt (*Löffler, 1989*).

2.6.2.2 Untersuchungsgang des Kniegelenkes

Anfang der Achtziger Jahre wurden vier Schnittebenen zur Untersuchung des Kniegelenkes von *Röhr (1984)* beschrieben: ventraler und dorsaler Längs- und Transversalschnitt. Der Schallkopf wird so aufgesetzt, dass bei Längsschnitten der proximale Teil auf dem Monitor links erscheint und der distale rechts. Bei den Querschnitten wird der Schallkopf so angelegt, dass der mediale Teil des Kniegelenkes links und der laterale rechts abgebildet wird (*Röhr, 1987*).

Die „Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin“ (DEGUM) hat sich das Ziel gesetzt, die Untersuchungsgänge und Schnittebenen für die Sonographie am Stütz- und Bewegungsapparat des Menschen zu erarbeiten und zu standardisieren (*Gruber et Konermann, 1997; Konermann et Gruber, 2000*). Der Patient befindet sich während der Untersuchung der ventralen Kniegelenksabschnitte in Rückenlage und bei Untersuchung der dorsalen Abschnitte in Bauchlage (*Gruber et Konermann, 1997*). Die ventrale Region wird durch einen suprapatellaren Longitudinal- und Transversalschnitt und durch einen infrapatellaren Longitudinalschnitt untersucht. Bei der Untersuchung der ventralen Abschnitte im Längsschnitt sollte die Quadricepsmuskulatur sowohl kontrahiert als auch entspannt sein. Seitlich werden mediale und laterale Longitudinalschnitte durchgeführt. Die dorsale Kniegelenksregion wird durch mehrere mediale, interkondyläre und laterale Longitudinalschnitte und durch kondyläre und tibiale Transversalschnitte abgefahren. Das Kniegelenk befindet sich außer bei dem suprapatellaren Transversalschnitt (maximale Flexion) in Streckstellung (*Gruber et Konermann, 1997; Konermann et Gruber, 2000*).

Diese Untersuchungsebenen des Kniegelenks werden auch von anderen Autoren in ähnlichem Umfang dargestellt (*Ackermann et Sattler, 1995; Dubs-Kunz, 1991; Graf et Schuler, 1988; Grobbelaar, 2000; Kellner et Reimers, 1996; Löffler, 1989; Röhr, 1987; Sattler, 1995; Strobel et Stedtfeld, 1991*).

2.6.2.3 Untersuchungsgang bei Patelladislokation

Die sonographische Untersuchung der Trochlea ossis femoris wird von allen Autoren ausschließlich im Querschnitt durchgeführt. Bei *Eichhorn et Weber (1987)* erfolgen alle Darstellungen des femoropatellaren Gleitlagers von distal der Patella. Der Patient befindet sich in Rückenlage mit dem zu untersuchendem Bein auf einer Lagerungsschiene ruhend. Das Kniegelenk wird in verschiedenen Beugestellungen (10° , 30° , 50° , 70° und 90°) ohne und mit Quadricepsanspannung untersucht. Bei wenigen Patienten stellen die Untersucher fest, dass bei Kniegelenksbeugung über 70° ein besserer Einblick auf die Trochleagrube gelingt, wenn der Schallkopf proximal der Patella aufgesetzt wird. Nach *Eichhorn et Weber (1987)* gelingt bei vorgegebener Winkelung des Kniegelenkes die Darstellung des femoropatellaren Gleitlagers nur bei einer bestimmten Schallkopfposition und damit „kann von einer reproduzierbar definierten Schallkopfposition gesprochen werden“. *Nietosvaara et Aalto (1993)* untersuchen ihre Patienten wie auch *Vaara (1997)* zuerst in Rückenlage mit gestrecktem Bein, bei späteren Untersuchungen (*Nietosvaara, 1994; Nietosvaara et Aalto, 1997; Martino et al., 1998*) sitzen die Patienten und die Kniegelenke befinden sich im rechten Winkel.

2.6.2.4 Untersuchungsparameter bei Patelladislokation

2.6.2.4.1 Sulkuswinkel

Alle genannten Autoren (*Martino et al., 1998; Nietosvaara, 1994; Nietosvaara et Aalto, 1993 und 1997; Vaara et al., 1997*) überprüfen sowohl bei Patienten mit Patelladislokation als auch bei Kontrollgruppen ohne Kniegelenksprobleme den Sulkuswinkel (femoral sulcus angle, SA). Der Sulkuswinkel wird gebildet aus dem tiefsten Punkt der Trochlea und dem höchsten Punkt des lateralen und medialen Kondylus (*Nietosvaara, 1994; Nietosvaara et Aalto, 1993 und 1997; Vaara et al., 1997*) bzw. zwei Tangenten, die an den lateralen und medialen Rand der Kondylen angelegt werden (*Martino et al., 1998*). Der Sulkuswinkel ist am flachsten bei Kindern und vertieft sich im Laufe des Wachstums (*Nietosvaara, 1994*).

Nietosvaara et Aalto (1993) setzen den Linearschallkopf horizontal kurz distal der Patellaspitze bei 10° gebeugtem Kniegelenk auf und erreichen mit dieser Schallkopfposition eine Querschnittsdarstellung der Trochlea ossis femoris. Der Sulkuswinkel ist signifikant größer bei Kindern mit Patelladislokation ($141\text{--}157^\circ$, Mittelwert: 151°) als bei Patienten der Kontrollgruppe ($130\text{--}157^\circ$, Mittelwert: 142°).

In einer späteren Studie ermitteln *Nietosvaara et Aalto (1997)* bei Kindern mit Patelladislokation einen Sulkuswinkel von 157° ($146-180^\circ$). Patienten mit asymptomatischer Patelladislokation weisen einen Mittelwert des Sulkuswinkels von 152° ($144-166^\circ$) auf. Das gesunde Kniegelenk zeigt in dieser Studie einen Sulkuswinkel von 145° ($134-153^\circ$).

Bei *Vaara et al. (1997)* werden Patienten mit diastrophischer Dysplasie des patellofemorales Gelenkes untersucht. Die Patienten weisen einen wesentlich tieferen und spitzeren Sulkuswinkel ($107-148^\circ$, Mittelwert 129°) auf als bei *Nietosvaara et Aalto (1993)*. Der Autor führt dies auf die Tatsache zurück, dass die Patienten nicht an einer echten Patelladislokation leiden sondern an multiplen Deformationen der Gliedmaße (*Vaara et al., 1997*).

Beim Vergleich von zwei unterschiedlichen Methoden (Sonographie und Computertomographie) und 2 Untersuchern wurden Messungen an gesunden Kniegelenken durchgeführt. Die Sonographie wurde der Computertomographie gegenübergestellt und es ergab eine hochsignifikante Korrelation der beiden Verfahren in Bezug auf den Sulkuswinkel. Die Ergebnisse der Sonographie von beiden Untersuchern untereinander stellte sich statistisch signifikant dar. Der gemessene Sulkuswinkel bei gesunden Probanden betrug $124-142^\circ$ mit einem Mittelwert von 132° (*Martino et al., 1998*).

2.6.2.4.2 Trochleatiefe

Die Trochleatiefe wird an dem Querschnittsbild der Trochlea ossis femoris gemessen. Die beiden höchsten Punkte des lateralen und medialen Kondylus werden mit einer Geraden verbunden und ein Lot auf den tiefsten Punkt des Sulkusgrundes gefällt. Diese Strecke entspricht der Trochleatiefe. In der Untersuchung von *Martino et al. (1998)* von 11 gesunden Kniegelenken ergab sich eine Durchschnittstiefe von 5,6 mm (minimal 3,5 und maximal 6,5 mm).

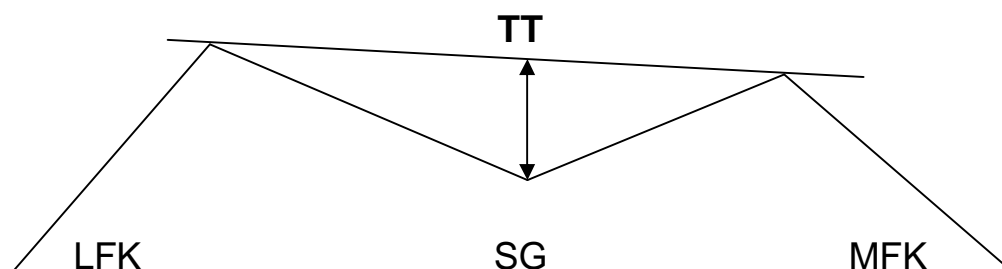


Abb. 3: Trochleatiefe

LFK = lateraler Femurkondylus, MFK = medialer Femurkondylus, SG = Sulkusgrund, TT = Trochleatiefe

2.6.2.4.3 Laterale Femurkondylushöhe

Das gleiche Schnittbild wie bei der Bestimmung des Sulkuswinkels wird zur Messung der lateralen Femurhöhe (lateral condylar height, HLK) benutzt. An den höchsten Punkt des lateralen Femurkondylus wird eine parallele Bildgerade gelegt und der Abstand zwischen dieser Geraden und dem Sulkusgrund gemessen. Sowohl gesunde Kniegelenke als auch solche mit Patelladislokation wiesen bei *Nietosvaara et Aalto (1993)* die gleiche laterale Femurhöhe auf: durchschnittlich 7 mm, mit einem Minimalwert von 3 mm und einem Maximalwert von 13 mm.

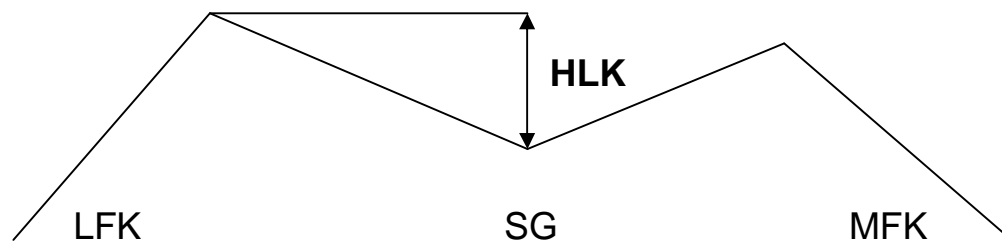


Abb. 4: Laterale Femurhöhe

LFK = lateraler Femurkondylus, MFK = medialer Femurkondylus, SG = Sulkusgrund, HLK = Höhe lateraler Kondylus

2.6.2.4.4 Maximal senkrechte Höhe des Kondylus

Auf dem Querschnittsbild der Trochlea ossis femoris wird die Strecke zwischen dem höchsten Punkt des lateralen bzw. medialen Kondylus und dem senkrechten Punkt auf einer Geraden, die durch den Sulkusgrund läuft, vermessen. Diese Strecke entspricht der „maximal perpendicular height of the condyle from the bottom of the femoral sulcus (T height)” (*Vaara et al., 1997*). Der laterale Kondylus (Mittelwert 4,2 mm; 0,9 - 17,7 mm) stellt sich in dieser humanmedizinischen Studie an Patienten, die an diastrophischer Dysplasie des Femoropatellargelenkes leiden, statistisch signifikant kleiner und hypoplastischer dar als der mediale Kondylus (Mittelwert 6,0 mm; 2,8 - 20,1 mm) (*Vaara et al., 1997*).

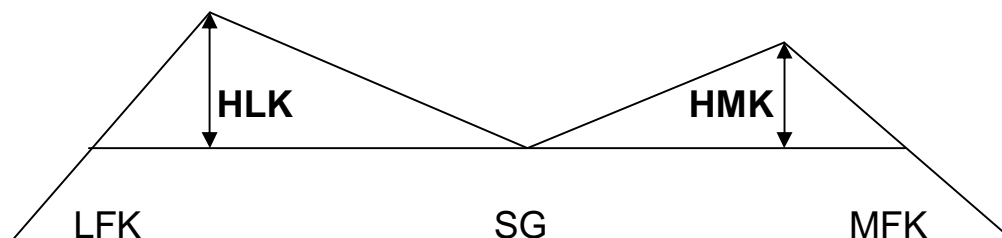


Abb. 5: Maximal senkrechte Höhe des Kondylus vom Sulkusgrund aus gemessen

HLK = Höhe lateraler Kondylus, HMK = Höhe medialer Kondylus, LFK = lateraler Femurkondylus, MFK = medialer Femurkondylus, SG = Sulkusgrund

2.6.2.4.5 Horizontale Distanz beider Femurkondylen

Die maximale Ausdehnung der beiden Femurkondylen wird auf einem Transversalschnitt ausgemessen. Der tiefste Punkt des Sulkus stellt die Grenze zwischen lateralem und medialem Kondylus dar. Patienten mit diastrophischer Dysplasie des Kniegelenkes zeigten eine signifikant geringere Weite des lateralen Kondylus (TWLK, Mittelwert 20,1 mm; 13-30,4 mm) im Vergleich zu dem medialen Kondylus (TWMK, Mittelwert 25 mm; 16,5-32,3 mm) (Vaara *et al.*, 1997).

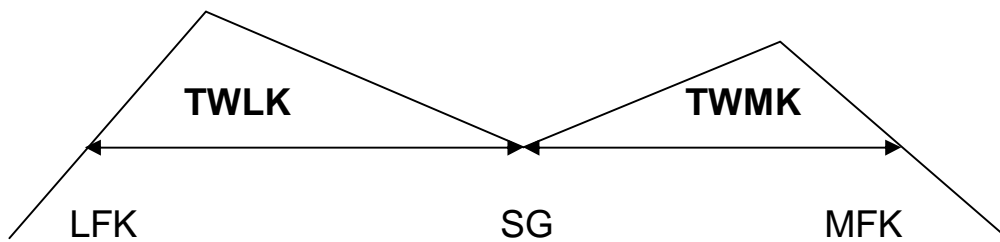


Abb. 6: Horizontale Distanz zwischen beiden Femurkondylen

LFK = lateraler Femurkondylus, MFK = medialer Femurkondylus, SG = Sulkusgrund, TWLK = Weite des lateralen Kondylus, TWMK = Weite des medialen Kondylus

2.7 Bildgebende Verfahren zur Diagnostik der Patellaluxation in der Veterinärmedizin

2.7.1 Röntgen

Kealy (1987) beschreibt die radiologischen Anzeichen der Patellaluxation: Auf der kraniokaudalen Röntgenaufnahme des Knies liegt die Patella auf der lateralen oder medialen Seite des Femurs. Bei jungen Tieren kann es unter Umständen schwierig sein, die Patella aufgrund der noch nicht vollständig mineralisierten Knochen zu lokalisieren. Die mediolaterale Aufnahme zeigt eine Patella, die von den Femurkondylen überlagert wird. Die Skyline-Ansicht des Kniegelenkes, bei der die Rollfurche tangential abgebildet wird, kann eventuell eine luxierte Patella darstellen. Bei habitueller Patellaluxation kann die Kniescheibe sich zum Zeitpunkt der Aufnahme in korrekter Position befinden.

Nach *Roush (1993)* sind Röntgenaufnahmen unnötig, um die Patellaluxation zu bestätigen. Bei den Graden I und II ist die Luxation gewöhnlich auf Röntgenaufnahmen nicht sichtbar. Als eventuell hilfreich hat sich die Skyline-Aufnahme erwiesen, die zur Beurteilung der Trochleattiefe dient.

Kaiser et al. (1997) und *Kaiser (1999)* führten verschiedene Messungen an Röntgenbildern „zur Objektivierung der mit der Luxatio patellae congenita assoziierten Weichteil- und Knochendeformitäten“ durch. Bei 42 Hunden wurden in Sedation 60 Kniegelenke mit einer Beugung von ca. 130° tangential geröntgt, um die Tiefe der Trochlea ossis femoris festzustellen. Die in dieser Studie durchgeführten Untersuchungen ließen keine eindeutige Aufteilung in Gruppen mit und ohne Patellaluxation zu. Die einzelnen gewonnenen Parameter erklären jedoch die zu einer Patellaluxation führenden Knochen- oder Weichteildeformationen (*Kaiser et al., 1997; Kaiser, 1999*).

Die Arbeitsgemeinschaft Kleintierpraxis im BPT warnt in ihren Arbeitsmaterialien zur „Vorsorgeuntersuchung auf Patellaluxation bei Hunden“ (1998) vor falsch negativen Ergebnissen durch Reposition der luxierten Patella während der Lagerung für die Röntgenaufnahmen. Sie misst dem Röntgen in der Diagnose der Patellaluxation keine Bedeutung zu, außer zur Einschätzung der Gliedmaßenabnormalität und zur Planung einer chirurgischen Korrektur der knöchernen Strukturen.

In einer Arbeit von *Meyer (2001)* wurden 74 Kniegelenke von 37 Hunden radiologisch untersucht. 33 Kniegelenke wiesen eine mediale und 17 Kniegelenke eine laterale Patellaluxation auf. Als Standardaufnahme wurde das Becken in Narkose in der HD-Position

l geröntgt und der Q-Winkel nach *Kaiser (1999)* bestimmt. Zusätzlich wurde mit Hilfe eines stationären Mikrofokus Röntgengerätes direktvergrößernde Röntgenaufnahmen (DIMA-Technik) des Kniegelenkes im mediolateralen Strahlengang angefertigt. Die Vermessung des so angefertigten Bildmaterials erfolgte mit Hilfe eines Computerprogrammes. Zur Kontrolle der indirekt anhand der Röntgenbilder ermittelten Werte wurde bei 29 Patienten, die einer Arthrotomie des Kniegelenkes unterzogen wurden, ein Abdruck der Trochlea angefertigt. Der Vergleich der Messungen an den Röntgenbildern und an der Trochleaplastik ergab eine sehr gute Übereinstimmung. Die Tiefe der Trochlea wurde an 3 Meßpunkten bestimmt: die Tiefe entsprach am proximalen Meßpunkt dem Wert am zentralen Meßpunkt. Der distale Meßpunkt wies eine geringere Tiefe auf. Bei den untersuchten Patienten ohne Luxation ist die Trochleatiefe in der Patientengruppe über 24 kg am größten. Kein statistischer Unterschied besteht zwischen der Gruppe bis 5,9 kg und 6 bis 11,9 kg. Bei den Hunden mit unilateraler Patellaluxation lag der Median der Trochleatiefe an den drei Meßpunkten an der luxationsfreien Gliedmaße geringgradig höher als an der betroffenen Gliedmaße. Es traten in dieser Gruppe jedoch auch niedrigere Meßwerte an der Gliedmaße ohne Patellaluxation auf. Bei den 15 Patienten mit bilateraler Patellaluxation wurde kein Zusammenhang zwischen Luxationsgrad und Trochleatiefe festgestellt. *Meyer (2001)* schlussfolgert aus seiner Studie, dass ein Parameter allein nicht die gewünschte Sensibilität für die Diagnostik erzielt. In Kombination von Q-Winkel und der indirekt ermittelten Trochleatiefe lassen sich ein Großteil der Kniegelenksinstabilitäten erklären. Die beiden Methoden zusammen bieten eine gute Möglichkeit, eine Operation mit den verschiedenen Korrekturmaßnahmen am Skelett zu planen (*Kaiser et al., 2001; Meyer, 2001; Meyer et al., 2002*).

2.7.2 Sonographie

2.7.2.1 Gerätetechnik

In der Tiermedizin wird von allen Autoren eine Frequenz von mindestens 7,5 MHz zur Untersuchung des Kniegelenk des Hundes eingesetzt (*Engelke et al., 1997; Gnudi et Berton, 1999; Kramer et al., 1998; Kramer et al., 1999; Müller, 2002; Reed et Payne, 1994; Reed et al., 1995*), als höchste Frequenz wurde ein Schallkopf mit 13 MHz verwendet (*Reed et al., 1998*).

Die meisten Autoren nutzen einen Linearschallkopf zur sonographischen Kniegelenksuntersuchung (*Engelke et al., 1997; Engelke et Gassner, 2001; Kramer et al., 1998; Kramer et al., 1999; Stengel, 1997*), zum Teil werden Sektor- und Lineartransducer parallel eingesetzt (*Engelke et al., 1997*). In amerikanischen Studien wird das Kniegelenk mit einem Sektorschallkopf untersucht (*Reed et al., 1994; Reed et al., 1995*).

2.7.2.2 Sonographischer Untersuchungsgang am Kniegelenk

Ähnlich wie in der Humanmedizin erfolgt die sonographische Untersuchung des Kniegelenkes systematisch. Die Untersuchung wird gemäß allen Untersuchern in Seitenlage durchgeführt (*Reed et al., 1995; Engelke et al., 1997; Stengel, 1997; Kramer et al. 1999; Müller, 2002*). Untersucherabhängig werden unterschiedliche Schnittebenen angelegt. *Engelke et al. (1997)* und *Engelke et Gassner (2001)* beginnen den Kniegelenksultraschall mit der Darstellung des Infrapatellarraumes im Längsschnitt bei gestrecktem und gebeugtem Gelenk. Der suprapatellare Gelenkabschnitt wird im Longitudinal-, Sagittal- und im Transversalschnitt untersucht. Über der medialen und lateralen Gelenkseite werden Längsschnitte durchgeführt. Ein Längsschnitt wird über der kaudalen Seite des Kniegelenkes angelegt.

Ein ausführlicherer Untersuchungsgang wird von *Stengel (1997)* wie folgt beschrieben:

- A. Suprapatellare Schnittführung (Kniegelenk um ca. 45° gebeugt)
 - 1. Längsschnitte
 - 2. Querschnitte
- B. Längsschnitte über Trochlea femoris (Kniegelenk um ca. 45° gebeugt)
- C. Suprapatellare Querschnitte über Trochlea femoris (Kniegelenk maximal gebeugt)
- D. Dorsale Schnittführung über den Femurkondylen (Kniegelenk maximal gebeugt)
 - 1. Querschnitte
 - 2. Längsschnitte (Zusatzschnitte)
- E. Infrapatellare Schnittführung
 - 1. Längsschnitte
 - 1.1 Kniegelenk in ca. 90° Beugehaltung

- 1.2 Kniegelenk gestreckt
- 1.3 Kniegelenk in ca. 90° Beugehaltung, Schallkopf im Längsschnitt um ca. 20° im Uhrzeigersinn nach lateral gedreht
- 2. Querschnitte (Kniegelenk in ca. 90° und bis maximale Beugehaltung)
- F. Schnittführung über dem lateralen Vesalischen Sesambein (Kniegelenk gestreckt)
 - 1. Querschnitte
 - 2. Längsschnitte (Zusatzschnitte)
- G. Längsschnitt über dem lateralen Kniegelenksspalt (Kniegelenk um ca. 45° gebeugt)
 - 1. Neutralposition
 - 2. Innenrotation (Zusatzschnitte)
 - 3. Außenrotation (Zusatzschnitte)
- H. Lateroproximale Tibia (Kniegelenk gestreckt)
 - 1. Längsschnitte
 - 2. Querschnitte (Zusatzschnitte)
- I. Schnittführung in der Kniekehle (Kniegelenk gestreckt)
 - 1. Längsschnitte über Arteria poplitea ohne Kompression
 - 2. Längsschnitte in Kniekehle unter Kompression
 - 3. Querschnitte (Zusatzschnitte)
- J. Schnittführung über dem medialen Vesalischen Sesambein (Kniegelenk gestreckt)
 - 1. Querschnitte
 - 2. Längsschnitte (Zusatzschnitte)
- K. Längsschnitte über dem medialen Kniegelenksspalt (Kniegelenk um ca. 45° gebeugt)
 - 1. Neutralposition
 - 2. Innenrotation (Zusatzschnitte)
 - 3. Außenrotation (Zusatzschnitte)

2.7.2.3 Sonographie bei Patellaluxation

Kramer et al. (1999) untersuchen die Anwendbarkeit der Sonographie bei verschiedenen Erkrankungen des Kniegelenkes. Patienten mit Patellaluxation werden mit maximal gebeugtem Kniegelenk und proximal der Patella quer aufgesetztem Schallkopf sonographiert. In dieser Schnittebene lassen sich die Form und die Tiefe der Rollfurche aber auch der Knorpelüberzug beurteilen. Die dynamische Ultraschalluntersuchung gibt Aufschluß über das Gleitverhalten der Patella in der Trochlea ossis femoris und kann eventuell auftretende Patellaluxationen, nach lateral oder medial, dokumentieren.

2.7.3 Magnetresonanztomographie

Der Q-Winkel kann auch mit Hilfe der Magnetresonanztomographie (MRI) bestimmt werden (*Kaiser et al. 1997; Kaiser, 1999; Kaiser et al., 2001*). Ähnlich wie beim radiologisch gemessenem Q-Winkel werden die Tiere in Narkose in HD-Position I untersucht. Zur Bestimmung der verschiedenen Punkte (Area musculi recti femoris, tiefster Punkt der Trochlea ossis femoris, Ansatz des Ligamentum patellae an der Tuberositas tibiae) zur Errechnung des Q-Winkel wird ein Grid auf die axialen MRI-Bilder gelegt. Die

Ergebnisse des MRI-Q-Winkels sind dem des Röntgen-Q-Winkels sehr ähnlich. Abweichend liefert die Magnetresonanztomographie in der Gruppe „Patellaluxation Grad I“ kleinere Werte als das Röntgen. Grund dafür ist wahrscheinlich die genauere Bestimmung der Meßpunkte bei der Magnetresonanztomographie. Die Schlußfolgerung dieser Untersuchung entspricht der des Röntgens: Durch Bestimmung des magnetresonanztomographischen Q-Winkels lässt sich keine Einteilung in die verschiedenen Patellaluxationsgrade vornehmen (*Kaiser et al., 1997; Kaiser, 1999; Kaiser et al., 2001*).

2.7.4 Computertomographie

Johnson et al. (2001) untersuchen in ihrer Studie das Kniegelenk von 24 gesunden Hunden mit einem Computer-Tomographen (CT) vor und nach Durchführung der Trochleablock- bzw. Trochlea-Keilresektion. Die Trochleae der Tiere werden zum Nachahmen einer Patellaluxation und zur Standardisierung flach geschliffen. Die Computertomographie wird sowohl am gestreckten als auch am gebeugten Kniegelenk durchgeführt. Bei einer Streckung von 148°, der kinematisch berechneten Durchschnittsstreckung eines Hundes beim Gehen, befindet sich die Patella proximal im Sulkus. Die Untersuchung in der gebeugten Stellung findet bei 113° statt, der kinematisch festgestellten Durchschnittsbeugung in der normalen Bewegung eines Hundes. Die Patella sitzt bei diesem Winkel zentral in der Trochlea. Der Winkel der Gliedmaße wird durch drei Meßpunkte bestimmt: Zentrum des Trochanter major, Zentrum des lateralen Kollateralbandes und Zentrum des lateralen Tibia-Malleolus.

Durch einen einzigen computertomographischen Querschnitt im Zentrum der Patella bei sowohl gestrecktem als auch gebeugten Kniegelenk wird die Trochleatiefe (TT) prä- und postoperativ dargestellt. Es wird eine gerade Linie über beide Trochleakämme gelegt und mit einer senkrecht dazu verlaufenden Linie, die zum tiefstem Punkt der Trochlea führt, der Abstand in Millimetern gemessen (*Johnson et al., 2001*).

2.7.5 Arthroskopie

Die Arbeit von *Fehr et al. (1998)* beschäftigt sich mit der Bedeutung der Arthroskopie bei Hunden mit Patellaluxation und inwieweit die Ergebnisse aus der Humanmedizin auf die Veterinärmedizin übertragbar sind. Die Arthroskopie des Kniegelenks wird in der Humanmedizin durchgeführt, um die (Sub-) Luxationsstellung der Patella bzw. ihr physiologisches Gleiten darzustellen. Diese Befunde dienen zur Auswahl der geeigneten Therapiemethode. Vor der Arthroskopie wurden die 70 Patienten mit Patellaluxation klinisch-orthopädisch untersucht und in die Luxationsgrade nach *Singleton (1969)* und *Putnam (1968)*

eingeteilt. Die arthroskopisch durchgeführte Untersuchung des Kniegelenks erfolgt abschnittsweise in standardisierter Form. In 82,8 % der Fälle konnte ein hypoplastischer Rollkamm, in 77,1 % eine Abflachung der Trochlea, in 50 % eine Synovialitis, in 44,3 % ein Defekt oder eine Spaltbildung im Bereich der Synovialis oder des Stratum fibrosum, in 28,6 % eine Plicabildung, in 27,1 % eine Gelenkknorpelusura, in 11,4 % eine Osteophytenbildung und in 8,7 % eine Auffaserung des Ursprungsbereichs des langen Zehenstreckers nachgewiesen werden. Aufgrund dieser Befunde sehen sich *Fehr et al. (1998)* bestätigt, die Patellaluxation arthroskopisch nachweisen zu können.

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methode

3.1.1 Gerätebeschreibung

Für diese Arbeit wurde das Ultraschallgerät Ultramark 9 HDI der Firma ATL verwendet. Die Bildwiedergabe dieses Gerätes erfolgte im Real-Time Verfahren. Mit Hilfe der Cineloop Bildsequenz-Analyse[®] wurde eine Folge von Bildern festgehalten (59-60 Bilder). Diese können als Endlosschleife abgespielt und zur Bildaufzeichnung ausgewählt werden. Die Ultraschallbilder auf dem Monitor können mit dem 2D-Zoom bis zum 8-fachen des Normalmaßstabes vergrößert werden und den wichtigen Bereich darstellen. Es wurde der digitale Linearschallkopf L10-5 genutzt, der eine Frequenz von 5–10 MHz besitzt. Abhängig von der Eindringtiefe und den eingestellten Fokuszonen wählt das Gerät die passende Frequenz. Dieser Transducer besitzt ein Sichtfenster von 40 mm mit einer maximalen Eindringtiefe von 60 mm. Für diesen Schallkopf können bis zu 5 Fokuszonen angewählt werden. Die Betriebsart „Berechnungen“ ruft Mess- und Analyseprogramme auf. Mit Hilfe des Trackballs können maximal 3 Strecken in cm bis auf 2 Dezimalstellen nach dem Komma ausgemessen werden. Die Taste „Pat Daten“ ruft ein Formular auf, in das Rasse, Name, Alter, Geschlecht, Gewicht und Patientenummer eingegeben werden können, die auf dem Monitor eingeblendet werden.

Weiterhin wurden 51 Patienten mit dem Real-Time Ultraschallgerät Powervision 8000 der Firma Toshiba geschallt. Es wurde der Lineartransducer PLN-805AT verwendet, der eine elektronische Abtastung bei einem dynamischen Frequenzbereich von 6-12 MHz besitzt. Er hat eine Ankopplungsfläche von 67x13 mm und eine Eindringtiefe von 20-240 mm. Die Anzahl der möglichen Messungen beträgt maximal vier Strecken, die in mm mit einer Dezimalstelle nach dem Komma angegeben werden. Es können bis zu 2 Fokuszonen eingestellt werden. Mit der Taste „Neuer Patient“ wird ein Formular aufgerufen, in dem die Patientendaten eingegeben werden. Die Daten erscheinen im oberen linken Bildrand.

3.1.2 Dokumentation

Die Ultraschallstandbilder des Ultramark 9 HDI wurden mit Hilfe der Multiformatkamera (Typ Compact Videoimager, Modell 1010) auf den Spezialfilm Cronex MRF 31 und den Film Scopix Video 5B 100 NIF der Firma Agfa mit einem Format von 20,3 mal 25,4 cm belichtet. Pro Film wurden 6 Ultraschall-Standbilder festgehalten. Die Entwicklung der oben genannten Filme erfolgte in einem Röntgenfilm-Entwicklungsautomaten.

Zusätzlich wurden die Bilder digital über das Programm Sonowin 3[®] der Firma Meso Ingenieurbüro Medizinische Software Gbr gespeichert.

Die Ultraschallbilder des Toshibaerätes wurden digital über die eingebaute Workstation (Powerview Model UIDM-400A) eingelesen. Sie weisen eine Auflösung von 640x480 Pixel auf und werden über die Dicom-Schnittstelle auf die Server-Datenbank geschickt. Mit Hilfe des Programms Sonowin 3[®] sind die Bilder auf den vernetzten Computern aufrufbar.

3.1.3 Messungen

Die Vermessungen an der Trochlea wurden im Nachhinein am Computer durchgeführt. Das Messprogramm wurde mit Delphi geschrieben. Die Ultraschallbilder wurden aus dem Sonowin[®] Programm in das Messprogramm importiert. Als erstes erfolgte für jedes Ultraschallbild die Eichung auf 10 mm, da durch verschiedene Tiefeneinstellungen der Bilder unterschiedliche Vergrößerungen vorhanden waren. Nach Setzen der Messpunkte wurden die Strecken und der Winkel automatisch gemessen. Der Sulkuswinkel wurde auf ganze Zahlen und die Strecken in mm auf zwei Dezimalstellen nach dem Komma genau berechnet.

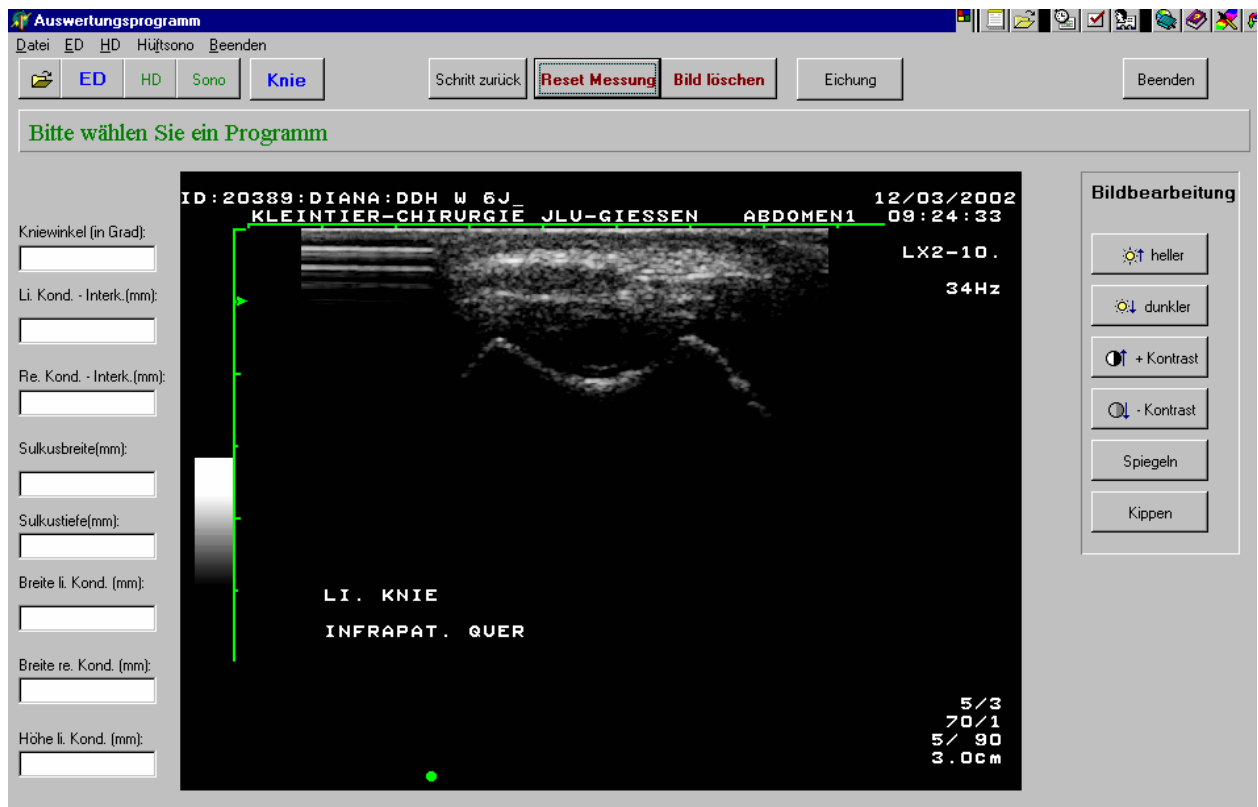


Abb. 7: Bildschirmansicht des Messprogrammes mit importiertem Ultraschallbild

Die intraoperativen Messungen der Sulkustiefe wurden mit Hilfe einer mechanischen Schieblehre durchgeführt. Die Genauigkeit der Schieblehre betrug 1/10 mm.

3.2 Voruntersuchungen

An 5 in der Chirurgischen Veterinärklinik -Kleintierchirurgie- der Justus-Liebig-Universität Gießen euthanasierten Hunden wurde eine sonographische Untersuchung des Kniegelenkes durchgeführt (Tabelle 2). Diese Hunde waren anamnestisch, klinisch und radiologisch frei von pathologischen Veränderungen der Kniegelenke.

Die Kniegelenke der Hunde wurden zunächst mit dem umgebenden Weichteilmantel sonographiert. Im Anschluß wurde der Weichteilmantel entfernt und die Trochlea ossis femoris, das Ligamentum patellae und die Patella losgelöst und isoliert im Wasserbad geschallt. Die Tiefe der Trochlea ossis femoris wurde sowohl im physiologischen Zustand mit aufsitzender Kniescheibe als auch freipräpariert bestimmt.

Tabelle 2: Patientendaten der Voruntersuchung (n = 5)

Nr.	Rasse	Gewicht (kg)	Alter (J.)	Geschlecht
1	Sheltie	5,5	4	weiblich
2	Bayrischer Gebirgsschweißhund	16	2	weiblich
3	Kleiner Münsterländer	20	13	weiblich
4	Deutscher Schäferhund	32	3	männlich
5	Deutscher Schäferhund	40	8	männlich kastriert

3.2.1 Sonographisches Bild der Präparate im Wasserbad

3.2.1.1 Ligamentum patellae

Durch seine anatomische Lage zwischen Patella und Tuberositas tibiae ist das gerade Kniescheibenband leicht auffindbar. Im Längsschnitt stellt sich das Ligamentum patellae sowohl am intakten Kniegelenk als auch isoliert im Wasserbad als parallele reflexreiche Linien auf reflexarmen Grund dar. Ansatz und Ursprung weisen größere Durchmesser auf als die Mitte des Bandes. Diese Stellen sind reflexärmer (Ablenkungsphänomen). Im Querschnitt besitzt das Kniescheibenband eine querovale Form und ist zentral reflexarm. Die Begrenzung nach kranial und kaudal ist eine reflexreiche Linie. Lateral und medial befindet sich wegen des lateral shadowing und des seitlich ansetzenden Faserknorpels eine schlechte bis nicht vorhandene Abgrenzung.

3.2.1.2 Patella

Von der Kniescheibe ist am geschlossenen Kniegelenk nur die dorsale Knochenoberfläche als sehr reflexreiche Struktur mit distalem Schallschatten sichtbar. Die Patella besitzt sowohl im Quer- als auch im Längsschnitt eine konvexe Oberfläche, wobei der Querschnitt kürzer ist als der Längendurchmesser. Die Facies articularis kann nur im isolierten Zustand im Wasserbad sonographiert werden.

3.2.1.3 Trochlea ossis femoris

Die Kniescheibenrolle besitzt als Knochen eine reflexreiche Oberfläche mit distaler Schallausschöpfung. Die typische Form im Querschnitt entspricht dem eines „M“. Am nicht eröffneten Kniegelenk ist die Trochlea ossis femoris sowohl von proximal als auch von distal der Patella einsehbar. Von suprapatellar besteht die beste Darstellung bei maximal gebeugtem

Kniegelenk, von infrapatellar bei maximal gestrecktem Kniegelenk. Alle Anteile der Trochlea können erst nach Entfernung der Patella im Wasserbad eingesehen werden. Es wurde ihre tiefste Stelle suprapatellar, infrapatellar und im Wasserbad bestimmt (Tabelle 3). Der Knorpel lässt sich als reflexreiche Linie im Sulcus trochlearis darstellen, wenn er orthograd angeschallt wird. Dies ist wegen der gebogenen Oberfläche nur durch kontinuierlich modifizierte Kippung des Schallkopfes erreichbar.

Tabelle 3: Tiefe der Trochlea in mm suprapatellar, infrapatellar, im Wasserbad

Patienten Nr.	Suprapatellar (mm)	Infrapatellar (mm)	Wasserbad (mm)
1	1,8 – 2,4	2,3	1,8 – 2,6
2	2,3 – 2,8	2,3 – 2,4	2,2 – 2,4
3	2,2 – 2,9	2,0 – 2,4	2,4 – 3,3
4	3,8 – 4,4	3,2 – 3,4	2,9 – 3,4
5	3,8 – 4,5	2,8 – 3,0	2,8 – 4,0

3.3 Patientenauswahl

Es wurden 128 Hunde aus dem Patientengut der Chirurgischen Veterinärklinik-Kleintierchirurgie- der Justus-Liebig-Universität Giessen sonographisch untersucht. Hierbei handelte es sich sowohl um Tiere mit diagnostizierter Patellaluxation, als auch um Hunde, die aufgrund anderer pathologischer Zustände am Kniegelenk (z. B. Kreuzbandruptur oder Meniskopathie) vorgestellt wurden. Weiterhin sind Hunde ohne orthopädische Probleme als Vergleichsgruppe geschallt worden. Beide Hintergliedmassen der untersuchten Hunde durchliefen einer getrennten Auswertung. Insgesamt waren dies 170 Hintergliedmassen. Bei 56 Knien (33 %) konnte eine Patellaluxation nachgewiesen werden, 114 Knie (67 %) waren patellaluxationsfrei. Die laterale Patellaluxation lag in so geringer Zahl vor, dass sie aus statistischen Gründen nicht berücksichtigt wurde. Während der Ultraschalluntersuchung befanden sich 114 Tiere in Narkose, 56 Hunde wurden in wachem Zustand sonographiert.

3.3.1 Klinische Untersuchung

Vor der sonographischen Untersuchung wurden die Tiere einer orthopädischen Untersuchung unterzogen. Die beiden Hintergliedmassen wurden adspektorisch sowohl im Stand als auch in der Bewegung begutachtet. Anschließend fand die palpatorische Untersuchung der Beckengliedmaße in Seitenlage statt. Es wurde speziell auf eventuell auftretende Achsenabweichungen, Muskelatrophien und Verschieblichkeit der Patella geachtet.

Die Einteilung der Patellaluxationsgrade erfolgte nach dem Schweizer Modell. Die Gruppe „Krank“ wird von den Hunden gebildet, bei denen sich die Patella luxieren lässt. Die Tiere, bei denen kein Hinweis auf eine Patellaluxation besteht, gehören der Gruppe „Gesund“ an.

3.3.2 Patientendaten der untersuchten Hunde

In Tabelle 4 sind die Rassen entsprechend ihrer Häufigkeit aufgelistet.

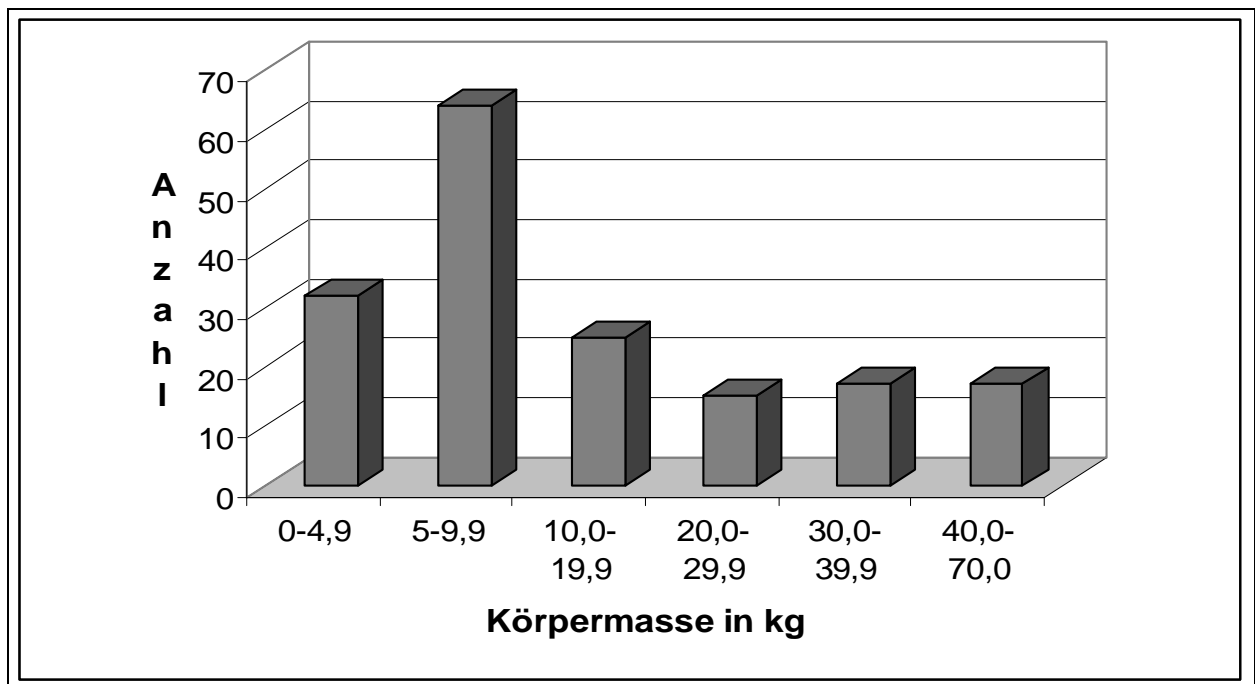
Tabelle 4: Rasseverteilung der untersuchten Hunde (n = 170 Knie)

Rasse	Anzahl	Rasse	Anzahl
Yorkshire Terrier, Yorkshire Terrier-Mix	27	Foxterrier	2
Westhighland White Terrier	21	Japan Chin	2
Pudel	13	Löwchen	2
Berner Sennenhund, Berner Sennenhund-Mix	8	Papillon	2
Jack Russel Terrier, Jack Russel Terrier-Mix	8	Staffordshire Terrier	2
Rottweiler, Rottweiler-Mix	7	Riesenschnauzer, Schnauzer-Mix	2
Beagle, Beagle-Mix	6	Amerikanische Bulldogge	1
Shi-Tsu	6	Australian Shephard	1
Border Terrier	4	Bullterrier	1
Dackel-Mix	4	Cavalier King Charles Spaniel	1
Husky, Husky-Mix	4	Collie-Mix	1

Fortsetzung Tabelle 4: Rasseverteilung der untersuchten Hunde (n = 170 Knie)

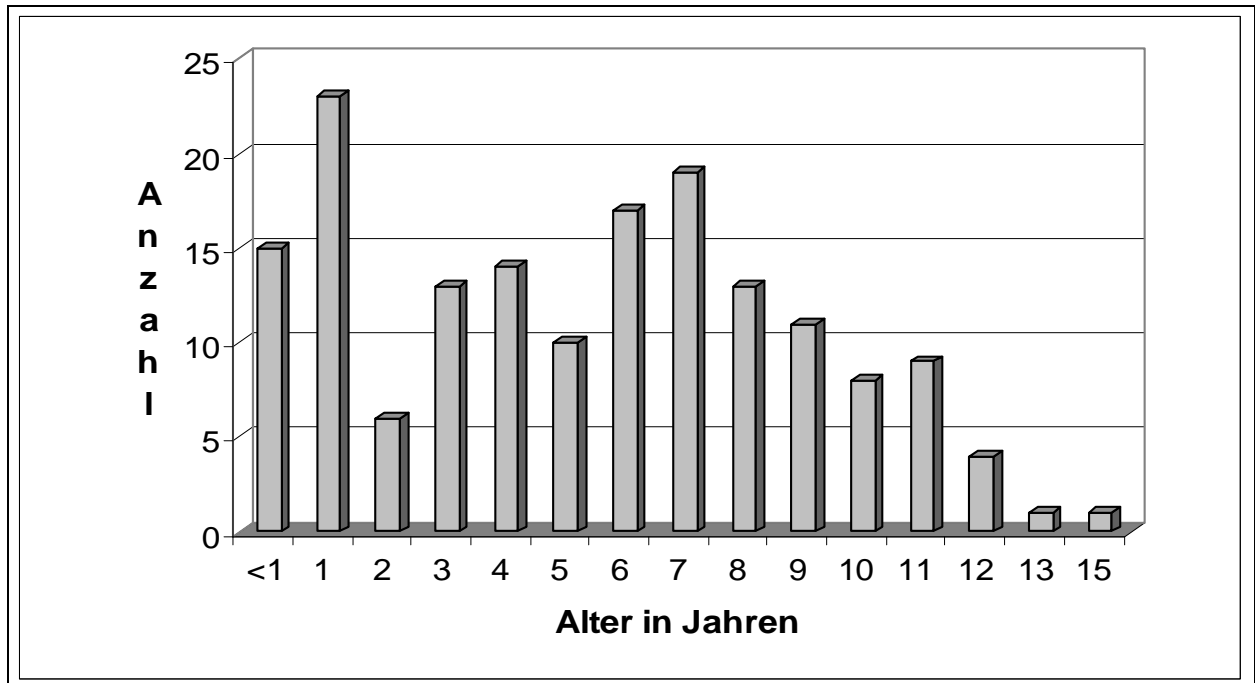
Spitz-Mix	4	Dobermann	1
Tibet Terrier	4	DSH-Mix	1
Havanese	3	Entlebucher Sennenhund	1
Kleiner Münsterländer, Kleiner Münsterländer-Mix	3	Eurasier	1
Labrador, Labrador-Mix	3	Golden Retriever	1
Malteser, Malteser-Mix	3	Französische Bulldogge	1
Pekinesen-Mix	3	Hovawart	1
Bernhardiner	2	Jagdterrier	1
Boxer	2	Pitbullterrier	1
Cairn Terrier	2	Pon	1
Chihuahua	2	Pyrenäenberghund	1
Deutsch Drahthaar	2	Scotch Terrier	1

Die untersuchten Hunde hatten eine Körpermasse zwischen 1,2 und 64 kg mit einem Mittelwert von 15,3 kg (Diagramm 1).

Diagramm 1: Gewichtsverteilung der untersuchten Hunde (n = 170 Knie)

Das Durchschnittsalter der untersuchten Hunde lag bei 5,4 Jahren, der jüngste Hund war 3 Monate, der älteste 15 Jahre alt. Bei 6 Tieren lagen keine Altersangaben vor (Diagramm 2).

Diagramm 2: Altersverteilung der sonographisch untersuchten Hunde (n = 170 Knie)*



* bei 6 Tieren Alter unbekannt

Von den 170 untersuchten Tieren sind 60 männlich (35 %), 12 männlich kastriert (7 %) 74 weiblich (44 %) und 24 weiblich kastriert (14 %).

3.3.3 Patientendaten der Hunde mit Patellaluxation

Nach dem Schweizer Modell lag die mediale Patellaluxation 56 mal vor, bei 32 Tieren (72,7 %) unilateral und bei 12 Tieren (27,3 %) bilateral. Die Patellaluxation Grad I wurde bei 6 (11 %), Grad II bei 22 (39 %), Grad III bei 24 (43 %) und Grad IV bei 4 Hunden (7 %) festgestellt.

Die Rasseverteilung stellte sich bei den untersuchten Hunden mit Patellaluxation, aufgelistet nach Häufigkeit, folgendermassen dar (Tabelle 6):

Tabelle 5: Rasseverteilung der untersuchten Hunde mit Patellaluxation (n = 56 Knie)

Rasse	Anzahl	Rasse	Anzahl
Yorkshire Terrier, Yorkshire Terrier-Mix	19	Border Terrier	1
Jack Russell Terrier, Jack Russell Terrier-Mix	3	Cairn Terrier	1
Pudel	3	Cavalier King Charles Spaniel	1
Tibet Terrier	3	Collie-Mix	1
Foxterrier	2	DSH-Mix	1
Japan Chin	2	Eurasier	1
Labrador	2	Havanese	1
Löwchen	2	Rottweiler-Mix	1
Papillon	2	Schnauzer-Mix	1
Pekinesen-Mix	2	Scotch Terrier	1
Shi Tsu	2	Spitz-Mix	1
Westhighland White Terrier	2	Staffordshire Terrier	1

Die durchschnittliche Körpermasse der untersuchten Hunde mit Patellaluxation lag bei 8,6 kg und schwankte von minimal 1,2 bis maximal 40 kg (Diagramm 3).

Diagramm 3: Gewichtsverteilung der Hunde mit Patellaluxation (n = 56 Knie)

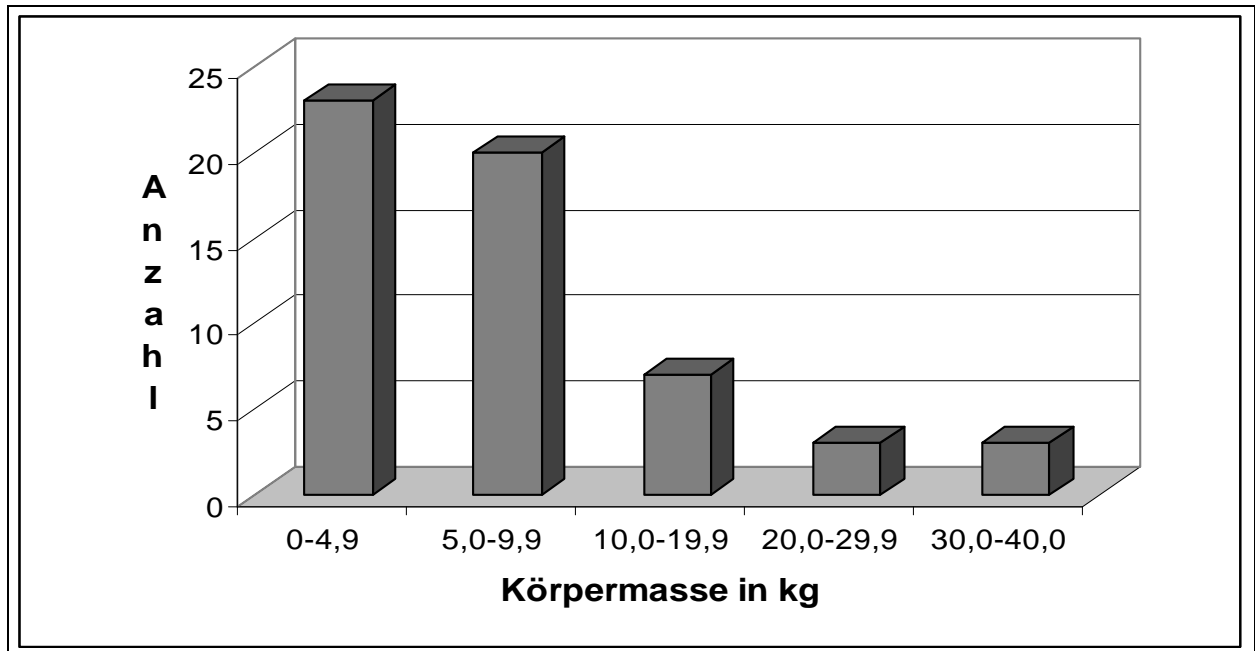
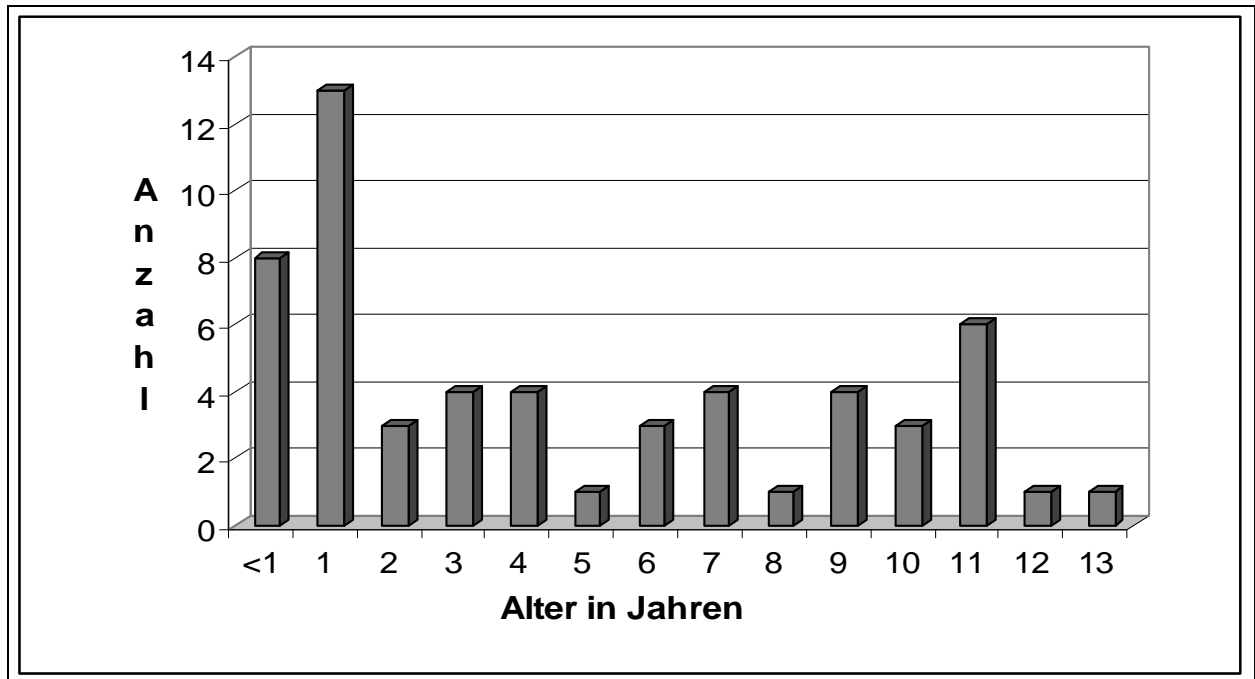


Diagramm 4 gibt das Alter der untersuchten Hunde mit Patellaluxation an. Das Durchschnittsalter lag bei 4,8 Jahren mit einer Schwankung zwischen 4,5 Monaten und 13 Jahren.

Diagramm 4: Altersverteilung der untersuchten Patienten mit Patellaluxation (n = 56 Knie)



Von den untersuchten Hunden mit Patellaluxation waren 25 Tiere männlich (45 %), 3 Tiere männlich kastriert (5 %), 26 Tiere weiblich (46 %) und 2 Tiere weiblich kastriert (4 %), so dass je 50 % der untersuchten Tiere mit Patellaluxation männlich und männlich kastriert bzw. weiblich und weiblich kastriert waren.

Diagramm 5 stellt die Gewichtsverteilung der Hunde mit und ohne Patellaluxation gegenüber.

Diagramm 5: Gewichtsverteilung der Hunde ohne und mit Patellaluxation (n = 170 Knie)

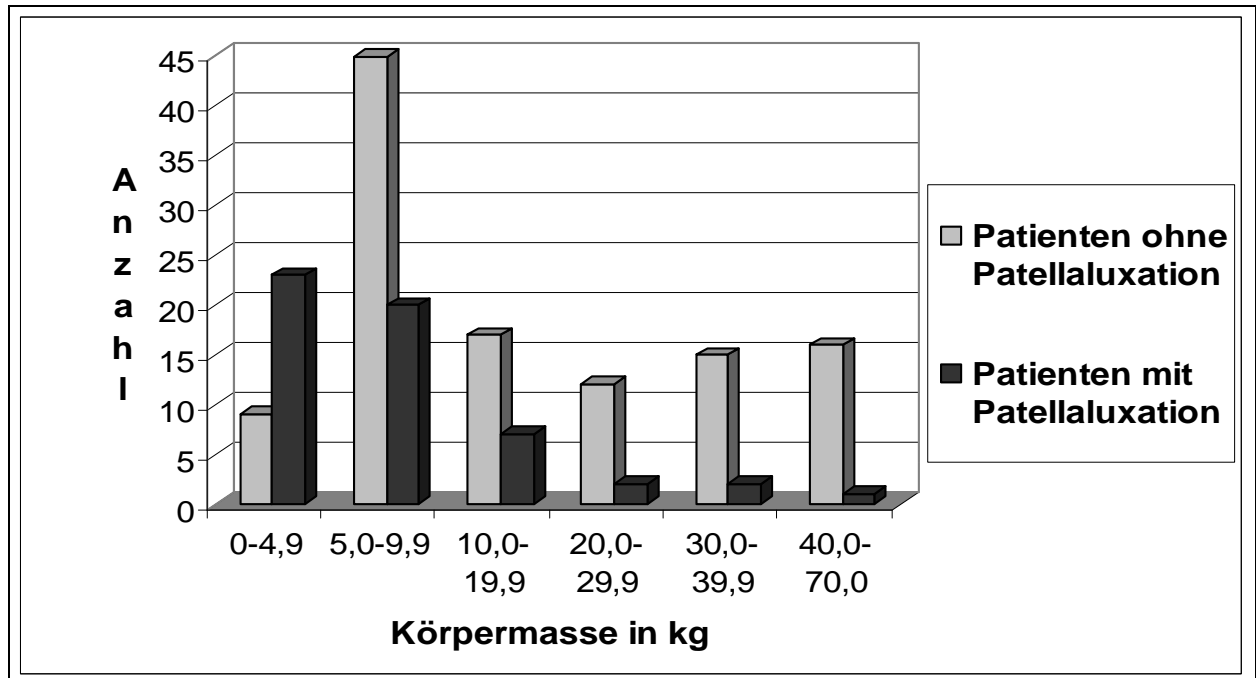
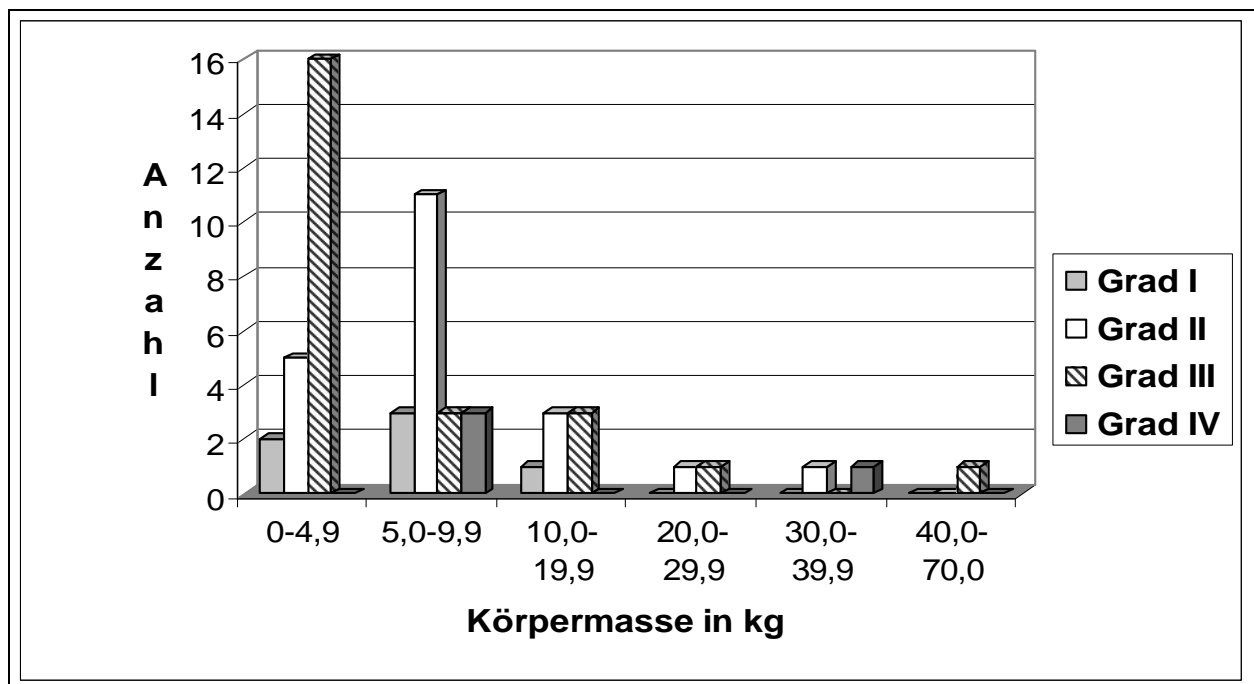


Diagramm 6 stellt den Patellaluxationsgrad abhängig von der Körpermasse dar. Von den insgesamt 56 Hunden mit Patellaluxation befinden sich 40 % in der Gewichtsklasse 0-4,9, 36 % in der Klasse 5-9,9 kg, 13 % gehören der Gewichtsklasse von 10-19,9 kg an und 11 % hatten über 20 kg Körpermasse.

Diagramm 6: Patellaluxationsgrad abhängig von der Körpermasse (n = 56 Knie)



3.4 Patientenvorbereitung

3.4.1 Narkose

Für die sonographische Untersuchung des Kniegelenkes auf eine mögliche Patellaluxation sind die Sedation oder Narkose nicht nötig. Sie sind dann von Vorteil, wenn der Hund unruhig ist oder schmerzhaft Zustände am Kniegelenk vorliegen.

Zur Anästhesie wurden zwei verschiedene Narkosekombinationen angewendet, je nachdem, ob die Tiere nur für die Ultraschalluntersuchung ruhig gestellt werden sollten oder ob im Anschluss ein längerer und schmerzhafter Eingriff geplant war.

Prämedikation:

Diazepam (0,5-1 mg/kg KM) und Atropinhydrochlorid (0,05 mg/kg KM) i. v.
oder

Diazepam (0,5-1 mg/kg KM) und Levomethadon (0,3-0,5 mg /kg KM) i. v.

Einleitung und Erhaltung:

Ketaminhydrochlorid (3 mg/kg KM) und Xylazinhydrochlorid (0,3 mg/kg KM) i. v.

3.4.2 Lagerung

Mit dem Patienten in Rückenlage ist die Trochlea ossis femoris am einfachsten orthograd anzuschallen. Auch die Untersuchung in Seitenlage ist möglich. Dabei liegt die zu untersuchende Gliedmaße oben.

Der Patient befindet sich wie beim Ultraschall des Abdomens längs vor dem Untersucher.

3.4.3 Ankopplung

Eine gute Ankopplung am Kniegelenk setzt das Scheren der Haare auf ungefähr 1/10 mm voraus. Soll nur die Trochlea vermessen werden, so kann auf das Scheren der Haare verzichtet werden. Nach dem Scheren wird ein handelsübliches Ultraschallgel als Ankopplungsmedium aufgetragen. Bei Hunderassen mit kurzen stoppeligen Haaren (z. B. Border Terrier, Boxer) ist eine längere Einwirkzeit des Ultraschallgels nötig als bei langhaarigen Hunderassen (z. B. Yorkshire Terrier oder Papillon).

3.4.4 Vorlaufstrecke

Eine Vorlaufstrecke wird eingesetzt, wenn die zu sonographierenden Strukturen oberhalb der Fokuszonen des Schallkopfes liegen. Sie vergrößert den Abstand zwischen zu untersuchendem Bereich und dem Schallkopf, so dass die Strukturen in einem Bereich optimaler Auflösung dargestellt werden. Eine weitere Indikation besteht, wenn die Ankopplung des Schallkopfes aufgrund von Knochenvorsprüngen (z. B. Kniegelenk) erschwert ist.

Bei den Voruntersuchungen zu dieser Arbeit stellte sich heraus, dass bei den hier verwendeten Scannern aufgrund der Artefaktbildung und der Unhandlichkeit die verwendete Vorlaufstrecke eher hinderlich war, so dass auf ihre Verwendung verzichtet wurde.

3.5 Sonographischer Untersuchungsgang

Bei den Hunden wurde das gesamte Kniegelenk sonographisch untersucht und nicht nur im Hinblick auf die Patellaluxation geschallt. Es stellte sich im Laufe der Voruntersuchungen heraus, dass vor allem der suprapatellare und der infrapatellare Querschnitt wichtig zur Darstellung und zur Ausmessung der Trochlea ossis femoris waren. Alle Messungen fanden an diesen beiden Querschnitten statt. Wie in der Humanmedizin wurde dabei der mediale Gelenkanteil links auf dem Monitor und der laterale rechts abgebildet.

3.5.1 Suprapatellarer Querschnitt

Beim suprapatellaren Querschnitt lag der Schallkopf quer zur Gliedmassenachse direkt proximal der Patella. Zur besseren Darstellung des Sulcus trochlearis war das Kniegelenk maximal gebeugt (Abb. 8).



Abb. 8: Suprapatellarer Querschnitt

MFK= medialer Femurkondylus, SG= Sulkusgrund, LFK= lateraler Femurkondylus

3.5.2 Infrapatellarer Querschnitt

Zum Querschnitt des Infrapatellarraumes befand sich der Linearschallkopf quer zur Längsachse der Hintergliedmasse direkt distal der Patella. Die beste Sicht auf die Trochlea ossis femoris erfolgte bei maximal gestrecktem Knie. Die Abbildung 9 zeigt eine flach ausgeprägte Trochlea von infrapatellar angeschallt.

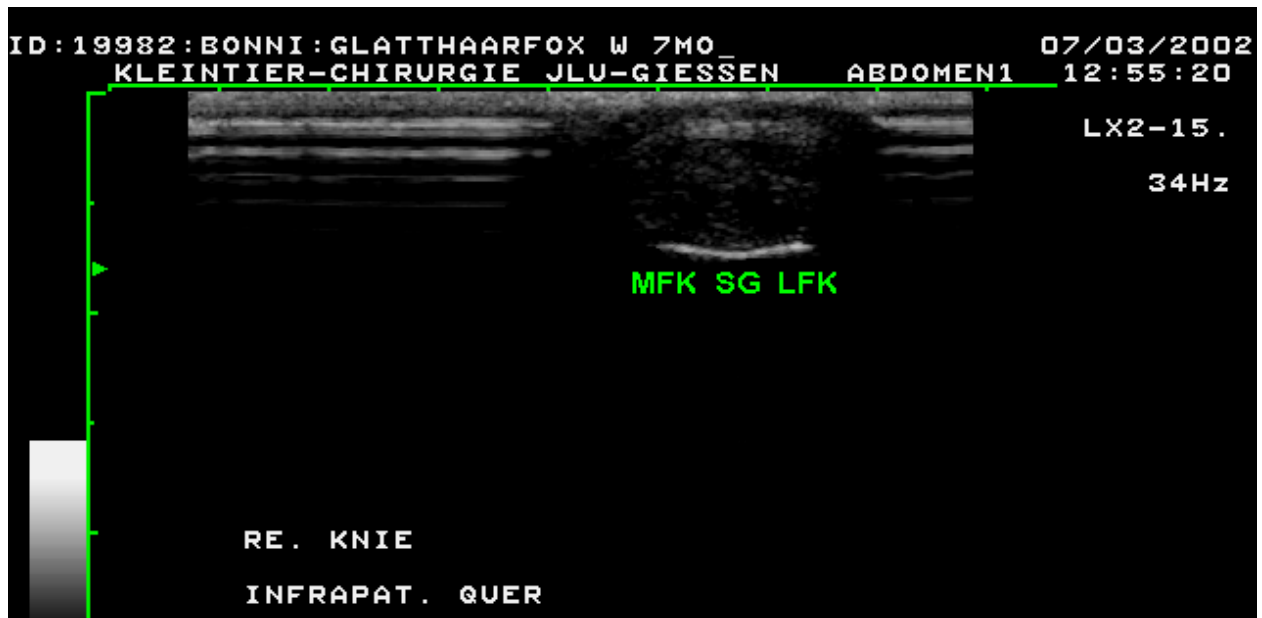


Abb. 9: Infrapatellarer Querschnitt einer flachen Trochlea ossis femoris
MFK= medialer Femurkondylus, SG= Sulkusgrund, LFK= lateraler Femurkondylus

3.6 Untersuchungsparameter

3.6.1 Sulkuswinkel

Zur Messung des Sulkuswinkels wurden 3 Messpunkte gewählt: Der erste Messpunkt saß auf dem höchsten Punkt des medialen Rollkammes. Zweiter Messpunkt war der tiefste Punkt des Sulcus trochlearis und der dritte der höchste Punkt des lateralen Rollkammes.



Abb. 10: Messlinien für den Sulkuswinkel

1. MP = 1. Messpunkt, 2. MP = 2. Messpunkt, 3. MP = 3. Messpunkt,
MFK= medialer Femurkondylus, SG= Sulkusgrund, LFK= lateraler Femurkondylus

3.6.2 Länge des medialen und lateralen Kondylus

Bei der oben beschriebenen Messung des Sulkuswinkels wurde nicht nur der Winkel berechnet, sondern sowohl die Strecken zwischen dem ersten und zweiten Messpunkt als auch zwischen dem zweiten und dritten Messpunkt gemessen. Diese Strecken entsprechen der Länge des medialen bzw. lateralen Kondylus.

3.6.3 Sulkusbreite

Die Sulkusbreite entspricht der Länge zwischen dem ersten und dritten Messpunkt.

3.6.4 Trochleatiefe

Zur Messung der Trochleatiefe wurde vom zweiten Messpunkt aus das Lot auf die Gerade zwischen dem ersten und drittem Messpunkt gefällt. Der Schnittpunkt dieser beiden Geraden wurde als Messpunkt vier definiert. Die Strecke zwischen dem zweiten und vierten Messpunkt ist die Trochleatiefe.



Abb. 11: Messpunkte für die Trochleatiefe

4. MP = Messpunkt, MFK = medialer Femurkondylus, SG = Sulkusgrund, LFK = lateraler Femurkondylus

3.6.5 Breite des medialen und lateralen Kondylus

Durch Setzen eines fünften und sechsten Messpunktes wurde die Breite des medialen und lateralen Kondylus bestimmt. Die beiden Punkte wurden jeweils auf der Höhe des zweiten Messpunktes auf den medialsten bzw. lateralsten Punkt des Kondylus gesetzt. Die dadurch entstehende Gerade verlief parallel zur Geraden, die durch Messpunkt eins und drei gebildet wurde.

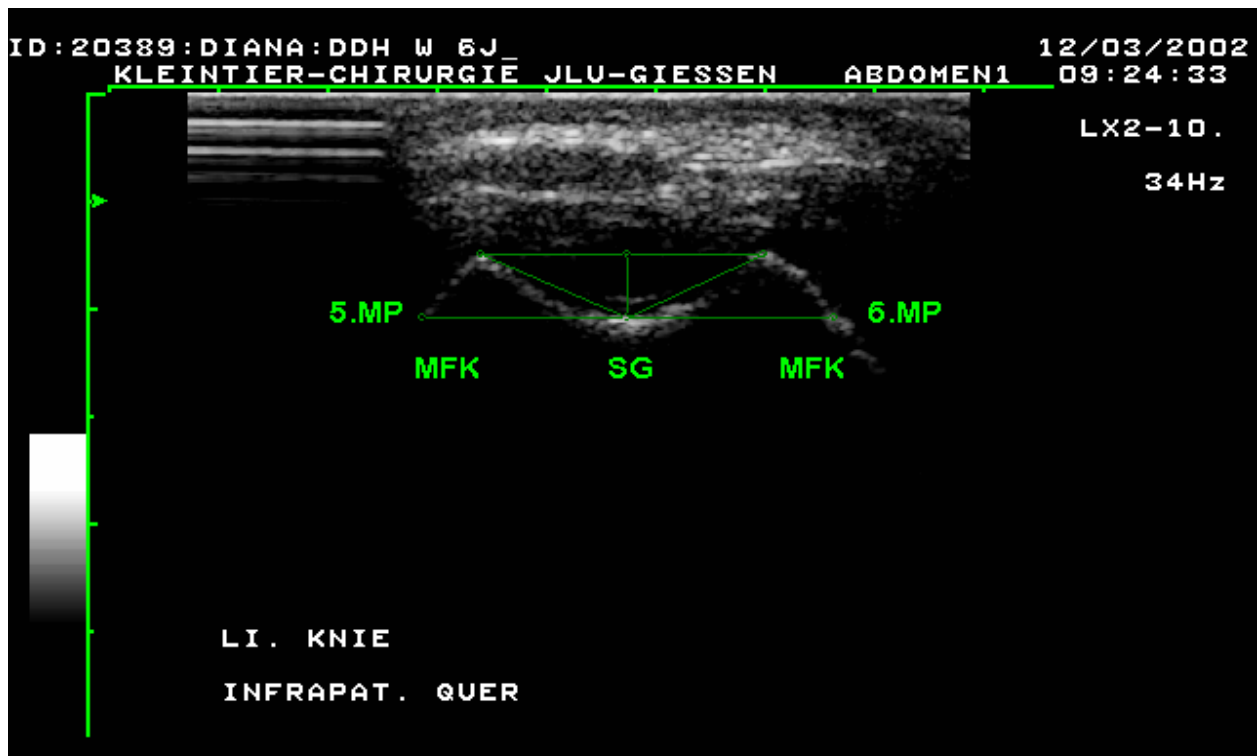


Abb. 12: Messpunkte für die Breite des medialen und lateralen Kondylus
5. MP = 5. Messpunkt, 6. MP = 6. Messpunkt, MFK = medialer Femurkondylus,
SG = Sulcusgrund, LFK = lateraler Femurkondylus

3.6.6 Höhe des medialen und lateralen Kondylus

Zwischen den Messpunkten zwei, fünf und sechs entsteht eine Linie. Auf diese Linie wurde ausgehend vom ersten und dritten Messpunkt jeweils ein Lot gefällt und mit diesem Lot die Höhe des medialen (7. Messpunkt) bzw. lateralen Kondylus (8. Messpunkt) bestimmt.

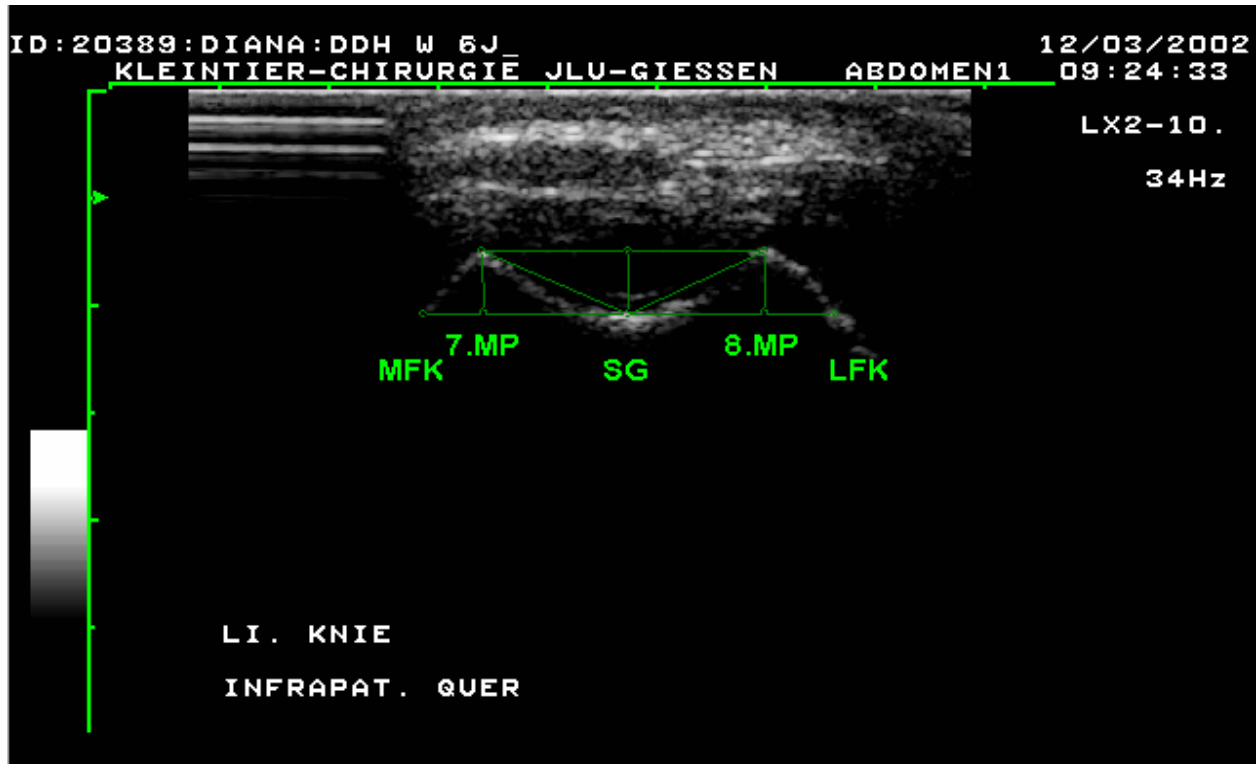


Abb. 13: Messpunkte für die Höhe des medialen und lateralen Kondylus
7. MP = 7. Messpunkt, 8. MP = 8. Messpunkt, MFK = medialer Femurkondylus,
SG = Sulcusgrund, LFK = lateraler Femurkondylus

3.7 Statistische Auswertung

Die statistische Analyse sowie die Erstellung der Grafiken wurde von der Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung des Fachbereiches Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Giessen durchgeführt. Die statistischen Auswertungen erfolgten mit Hilfe des Statistikprogrammes BMDP/ Dynamic, Release 7.0 (*Dixon, 1993*).

Die Zusammenhänge der Daten wurden bei messbaren Merkmalen mit dem Programm BMDP6D unter Verwendung von Korrelations- bzw. Regressionsanalysen untersucht. Die Angabe erfolgte mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten (r) und der Regressionsgeraden ($y = m \cdot x + b$) bzw. mit dem Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman. (r_s). Da der Luxationsgrad ein ordinales Merkmal darstellt, wurde sein Zusammenhang zu den verschiedenen Meßgrößen mit Hilfe des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman (r_s) als „rohes“ (da hier die Körpermasse als potentielle Einflussgröße unberücksichtigt bleibt) Korrelationsmaß beschrieben. Um den möglichen Einfluss der Körpermasse auf die Messwerte zu berücksichtigen, wurde parallel dazu eine multiple lineare Trendanalyse mit dem Programm BMDP1R durchgeführt. Bei der Auswertung wurde im Hinblick auf die statistische Signifikanz das Signifikanzniveau mit $\alpha = 0,05$ festgelegt, demzufolge sind Ergebnisse mit $p \leq 0,05$ als statistisch signifikant anzusehen. Wenn möglich wurde der genaue p-Wert angegeben.

4 Ergebnisse

4.1 Sonographische Untersuchungen

4.1.1 Sulkuswinkel

4.1.1.1 Suprapatellarer Sulkuswinkel

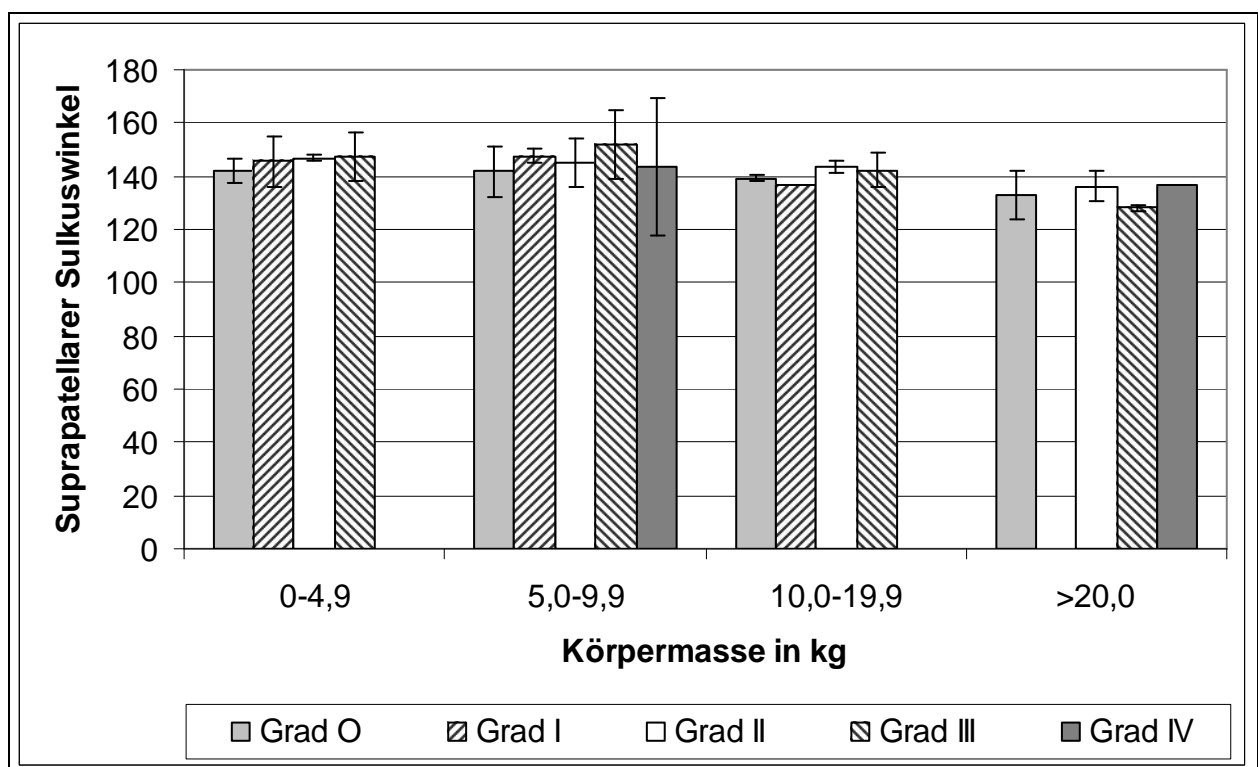
Die Verteilungen des suprapatellaren Sulkuswinkels in den einzelnen Untersuchungsgruppen überschneiden sich teilweise. Die Patellaluxationsgruppe IV überlappt mit Werten von 120,0-171,0° alle anderen Untersuchungsgruppen und besitzt den Maximalwert aller Gruppen. Der Minimalwert wird mit 120,0° von den Patellaluxationsgruppen 0 und IV gestellt. Der niedrigste Mittelwert (128,0°) kommt aus der Patellaluxationsgruppe III bei Tieren mit mehr als 20,0 kg. Den größten Mittelwert besitzen die Hunde von 5,0-9,9 kg aus der gleichen Gruppe (152,0°) (Tabelle 6).

Tabelle 6: Suprapatellarer Sulkuswinkel (in Grad) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	142,0 \pm 4,3	141,7 \pm 8,16	139,2 \pm 7,6	133,0 \pm 7,0
	Min-max	135,0-146,0	125,0-159,0	128,0-154,0	120,0-152,0
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	145,5 \pm 9,2	147,7 \pm 2,5	137,0	-
	Min-max	139,0-152,0	145,0-150,0	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	146,8 \pm 1,3	144,8 \pm 9,2	143,7 \pm 2,1	136,3 \pm 5,5
	Min-max	145,0-148,0	131,0-157,0	142,0-146,0	130,0-140,0
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	147,4 \pm 9,1	152,0 \pm 12,8	142,3 \pm 6,4	128,0 \pm 1,4
	Min-max	134,0-170,0	138,0-163,0	135,0-146,0	127,0-129,0
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	143,3 \pm 25,8	-	137,0
	Min-max	-	120,0-171,0	-	-
	n	0	3	0	1

Der mittlere suprapatellare Sulkuswinkel ist bei der Patellaluxationsgruppe 0 mit Winkeln von $133,0^\circ$ bis $142,0^\circ$ bei Tieren bis zu einem Gewicht von 9,9 kg kleiner als bei den Patellaluxationsgruppen I-IV. Bei einem Körpergewicht von 10,0-19,9 kg besitzt nur die Patellaluxationsgruppe I einen geringfügig niedrigeren Sulkuswinkel als die Kontrollgruppe und in der Gruppe über 20,0 kg nur die Patellaluxationsgruppe III. Mit wachsendem Patellaluxationsgrad nimmt der suprapatellare Sulkuswinkel mit einer statistisch signifikanten Wahrscheinlichkeit von $p=0,012$ zu. Durchschnittlich steigt der Winkel von Luxationsgruppe zu Luxationsgruppe um $1,33^\circ$ und sinkt mit wachsendem Körpergewicht pro kg Körpermasse um $0,28^\circ$ mit $p<0,001$ (Diagramm 7).

Diagramm 7: Mittelwerte und Standardabweichung des suprapatellaren Sulkuswinkels (in Grad) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.1.2 Infrapatellarer Sulkuswinkel

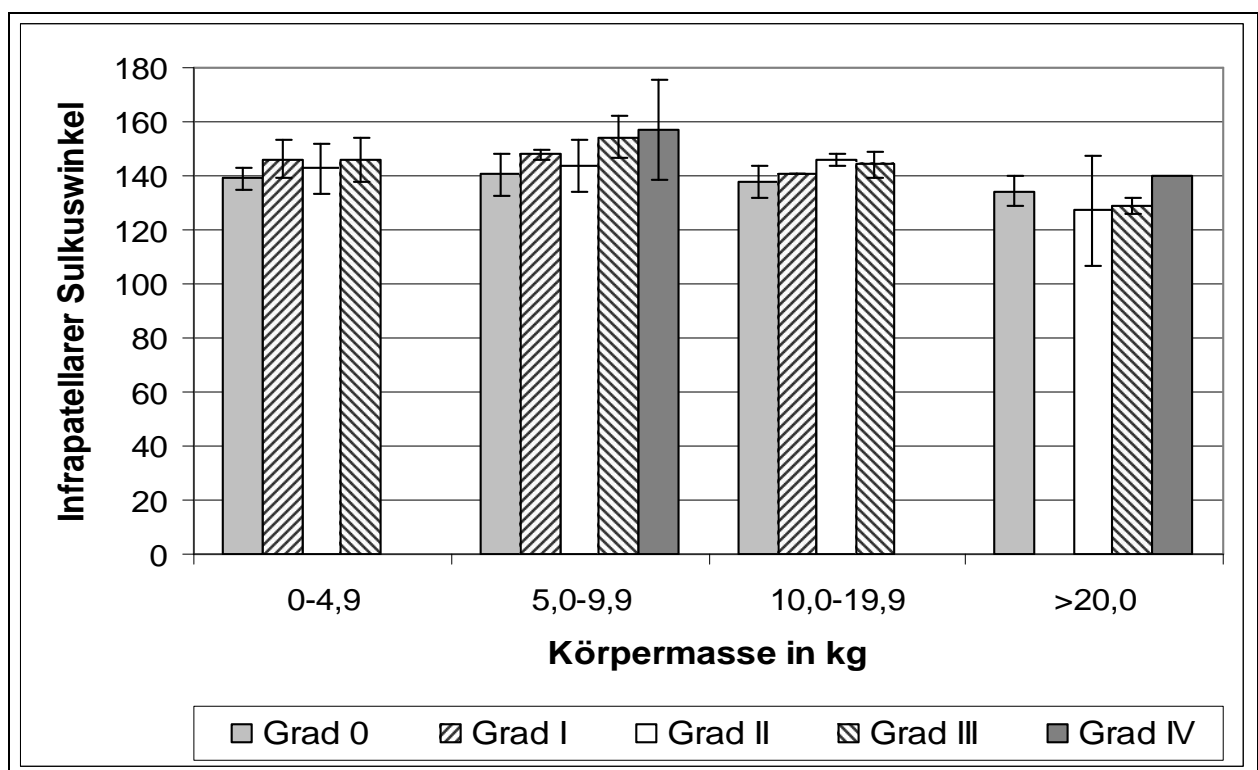
Die Mittel-, Minimal- und Maximalwerte des infrapatellaren Sulkuswinkels sind denen des suprapatellaren Sulkuswinkels ähnlich. Ausgenommen sind die Gewichtsklassen >20,0 kg der Patellaluxationsgruppe II und 5,0-9,9 kg der Gruppe IV. Alle Patellaluxationsgruppen, abgesehen von der Gewichtsklasse >20,0 kg, in der die gesunde Vergleichsgruppe nach der Patellaluxationsgruppe IV den zweitgrößten Mittelwert zeigt, weisen einen größeren infrapatellaren Sulkuswinkel auf als die Gruppe 0, die Winkel von 134,4-140,5° besitzt. Die Winkel der Gruppen I, II und III liegen dicht beieinander, ausgenommen die Gewichtsguppe >20,0 kg des Luxationsgrades II und III sowie 5,0-9,9 kg der Gruppe III. Die Gewichtsklasse 5,0-9,9 kg der Gruppe IV besitzt mit 157,0° den größten Mittelwert. Minimal- und Maximalwerte der einzelnen Untersuchungsgruppen überlappen sich. Den Minimalwert zeigt die Patellaluxationsgruppe II >20,0 kg mit einem Wert von 104,0°, gefolgt von der Gruppe 0, III, IV und I. Der Maximalwert mit 178,0° wird von der Gewichtsguppe 5,0-9,9 kg der Patellaluxationsgruppe IV gestellt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Infrapatellarer Sulkuswinkel (in Grad) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	139,0 \pm 3,84	140,5 \pm 7,60	137,9 \pm 5,90	134,4 \pm 5,54
	Min-max	133,0-144,0	123,0-154,0	124,0-146,0	121,0-149,0
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	146,0 \pm 7,07	148,0 \pm 1,73	141,0	-
	Min-max	141,0-151,0	146,0-149,0	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	142,6 \pm 9,45	144,0 \pm 9,59	146,0 \pm 2,00	127,3 \pm 20,42
	Min-max	129,0-154,0	133,0-167,0	144,0-148,0	104,0-142,0
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	145,8 \pm 7,98	154,3 \pm 7,57	144,3 \pm 4,73	129,0 \pm 2,83
	Min-max	133,0-160,0	149,0-163,0	139,0-148,0	127,0-131,0
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	157,0 \pm 18,25	-	140,0
	Min-max	-	145,0-178,0	-	-
	n	0	3	0	1

Die Gruppe „Gesund“ besitzt, außer in der Gewichtsgruppe >20,0 kg, den niedrigsten infrapatellaren Sulkuswinkel. Mit wachsendem Schweregrad der Luxation nimmt der Winkel statistisch signifikant zu ($p < 0,001$). Von der Luxationsgruppe 0 an bis hin zur Gruppe IV steigt der Winkel durchschnittlich pro Gruppe um $2,01^\circ$. Mit wachsendem Körpergewicht reduziert sich der Winkel um $0,19^\circ$ pro kg. Dieser Zusammenhang zwischen Patellaluxationsgrad und Körpermasse besitzt eine statistisch signifikante Wahrscheinlichkeit von $p < 0,001$ (Diagramm 8).

Diagramm 8: Mittelwerte und Standardabweichung des infrapatellaren Sulkuswinkels (in Grad) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.2 Sulkusbreite

4.1.2.1 Suprapatellare Sulkusbreite

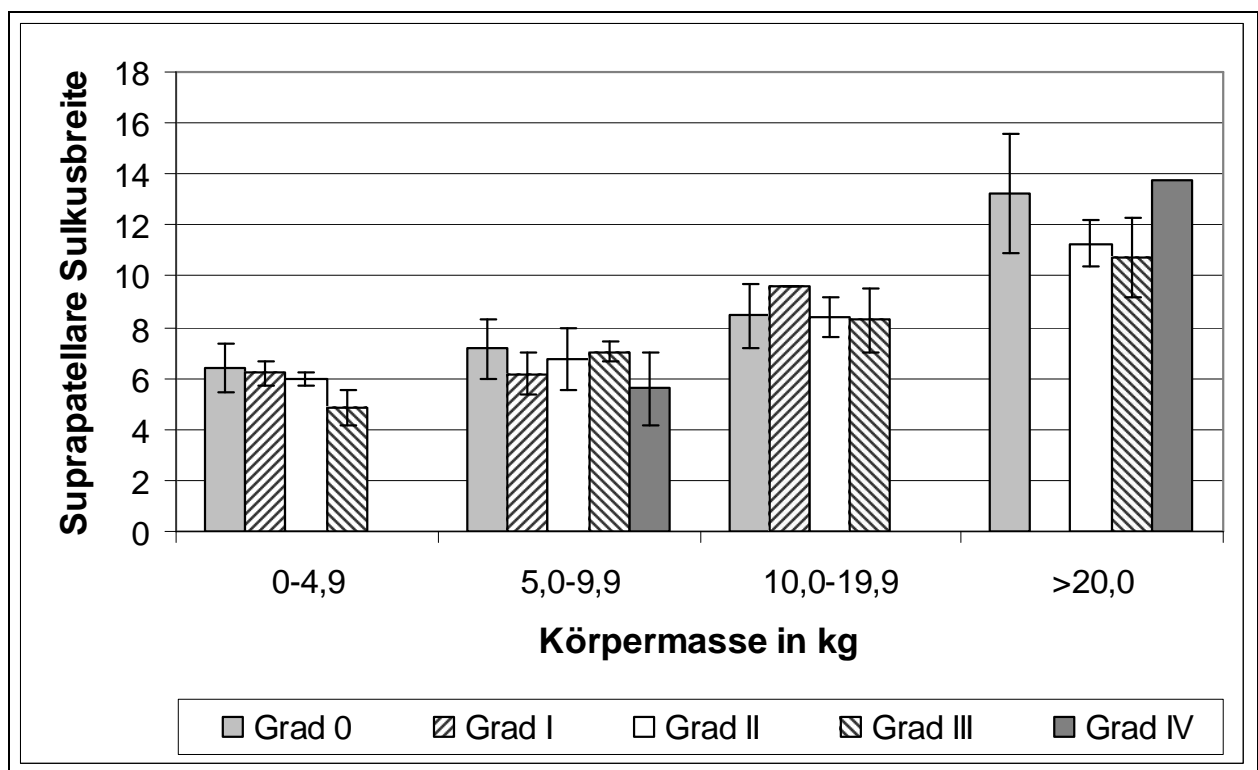
Von suprapatellar gemessen weist der Mittelwert der Sulkusbreite in der Patellaluxationsgruppe IV und der Gewichtsgruppe >20,0 kg mit 13,72 mm den größten, in der Patellaluxationsgruppe III der Gewichtsgruppe 0-4,9 kg mit 4,86 mm den kleinsten Wert auf. Die Untersuchungsgruppe „Gesund“ umfasst mit ihrer Verteilung von 4,00-18,23 mm alle anderen Luxationsgruppen bis auf den Minimalwert (3,71 mm) der Patellaluxationsgruppe III, 0-4,9 kg (Tabelle 8).

Tabelle 8: Suprapatellare Sulkusbreite (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	6,42 \pm 0,94	7,15 \pm 1,15	8,47 \pm 1,26	13,21 \pm 2,34
	Min-max	5,58-8,2	4,00-9,64	5,61-10,28	6,97-18,23
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	6,19 \pm 0,50	6,17 \pm 0,84	9,59	-
	Min-max	5,83-6,54	5,44-7,08	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	5,98 \pm 0,29	6,73 \pm 1,20	8,39 \pm 0,75	11,26 \pm 0,90
	Min-max	5,71-6,45	4,71-9,03	7,69-9,18	10,22-11,79
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	4,86 \pm 0,72	7,03 \pm 0,37	8,27 \pm 1,25	10,70 \pm 1,56
	Min-max	3,71-5,89	6,62-7,32	7,08-9,57	9,60-11,80
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	5,60 \pm 1,42	-	13,72
	Min-max	-	4,78-7,24	-	-
	n	0	3	0	1

Bei dem Parameter suprapatellare Sulkusbreite zeigt die Patellaluxationsgruppe 0 bis zu einem Gewicht von 9,9 kg einen breiteren Sulkus als die Gruppen „Krank“. In der Gewichtsgruppe 10,0-19,9 kg besitzt die Patellaluxationsgruppe I und in der Gewichtsgruppe >20,0 kg die Luxationsgruppe IV einen breiteren Sulkus. Es besteht ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Patellaluxation und der Körpermasse. Mit wachsendem Körpergewicht steigt die Sulkusbreite durchschnittlich um 0,20 mm pro kg Körpermasse an, mit zunehmender Patellainstabilität nimmt sie um durchschnittlich 0,33 mm von Gruppe zu Gruppe ab. Der An- bzw. Abstieg ist mit $p < 0,001$ statistisch signifikant (Diagramm 9).

Diagramm 9: Mittelwerte und Standardabweichung der suprapatellaren Sulkusbreite (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.2.2 Infrapatellare Sulkusbreite

Den kleinsten Mittelwert und das Minimum der infrapatellaren Sulkusbreite weist die Patellaluxationsgruppe III in der Gewichtsgruppe 0-4,9 kg mit 4,91 bzw. 3,46 mm auf. Die Patellaluxationsgruppe IV zeigt den größten Mittelwert in der Gewichtsgruppe >20,0 kg mit 12,50 mm. Das Maximum wird von der Gruppe 0 mit 16,70 mm gestellt. Die gesunde Vergleichsgruppe überlappt durch ihre große Streuung von 5,42 bis 16,70 mm alle Patellaluxationsgrade ausgenommen die Gewichtsgruppe 0-4,9 kg der Luxationsgruppe III (Tabelle 9).

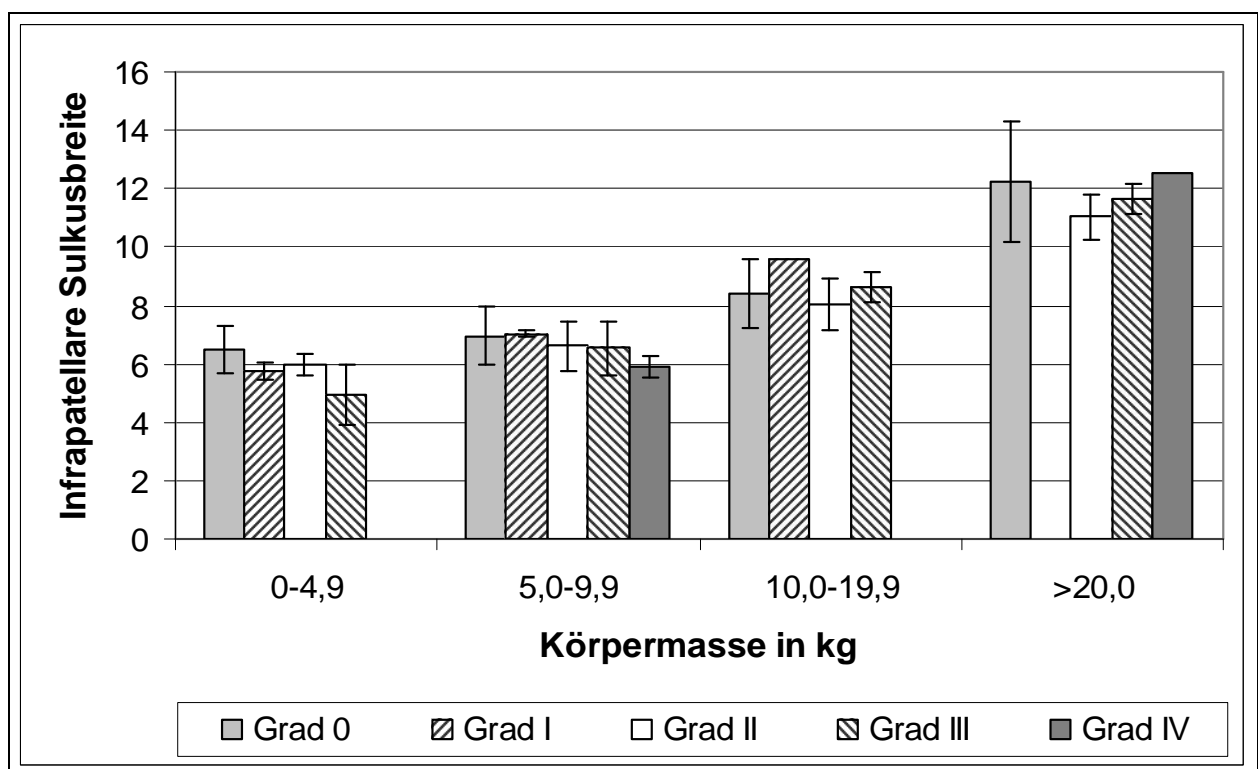
Tabelle 9: Infrapatellare Sulkusbreite (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	6,47 \pm 0,80	6,96 \pm 0,97	8,42 \pm 1,18	12,24 \pm 2,08
	Min-max	5,60-8,18	5,42-9,51	6,24-10,12	9,26-16,70
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	5,77 \pm 0,28	7,02 \pm 0,12	9,57	-
	Min-max	5,57-5,96	6,89-7,11	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	5,97 \pm 0,34	6,62 \pm 0,84	8,04 \pm 0,87	11,03 \pm 0,80
	Min-max	5,59-6,48	5,66-8,21	7,48-9,05	10,11-11,58
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	4,91 \pm 1,03	6,54 \pm 0,92	8,62 \pm 0,53	11,65 \pm 0,49
	Min-max	3,46-7,30	5,57-7,39	8,20-9,22	11,30-11,99
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	5,88 \pm 0,36	-	12,50
	Min-max	-	5,49-6,20	-	-
	n	0	3	0	1

Statistisch gesehen fallen die Mittelwerte der infrapatellaren Sulkusbreite mit zunehmendem Schweregrad der Patellaluxation stetig ab. Dieser Abstieg beträgt pro Luxationsgruppe durchschnittlich 0,26 mm und ist statistisch signifikant ($p=0,001$). Pro kg Körpermasse gibt es einen statistisch signifikanten Anstieg um 0,17 mm ($p<0,001$).

In der niedrigsten Gewichtsklasse besitzt die gesunde Vergleichsgruppe den breitesten Sulkus aller Gruppen, in der Gewichtsklasse 5,0-9,9 kg hat die Luxationsgruppe I annähernd den gleichen Mittelwert. Die Patellaluxationsgruppe II zeigt in der Gewichtsklasse 10-19,9 kg den breitesten Sulkus. Der größte Mittelwert in der Klasse über 20,0 kg kommt aus der Patellaluxationsgruppe IV, der niedrigste aus der Gruppe II (Diagramm 10).

Diagramm 10: Mittelwerte und Standardabweichung der infrapatellaren Sulkusbreite (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.3 Trochleatiefe

4.1.3.1 Suprapatellare Trochleatiefe

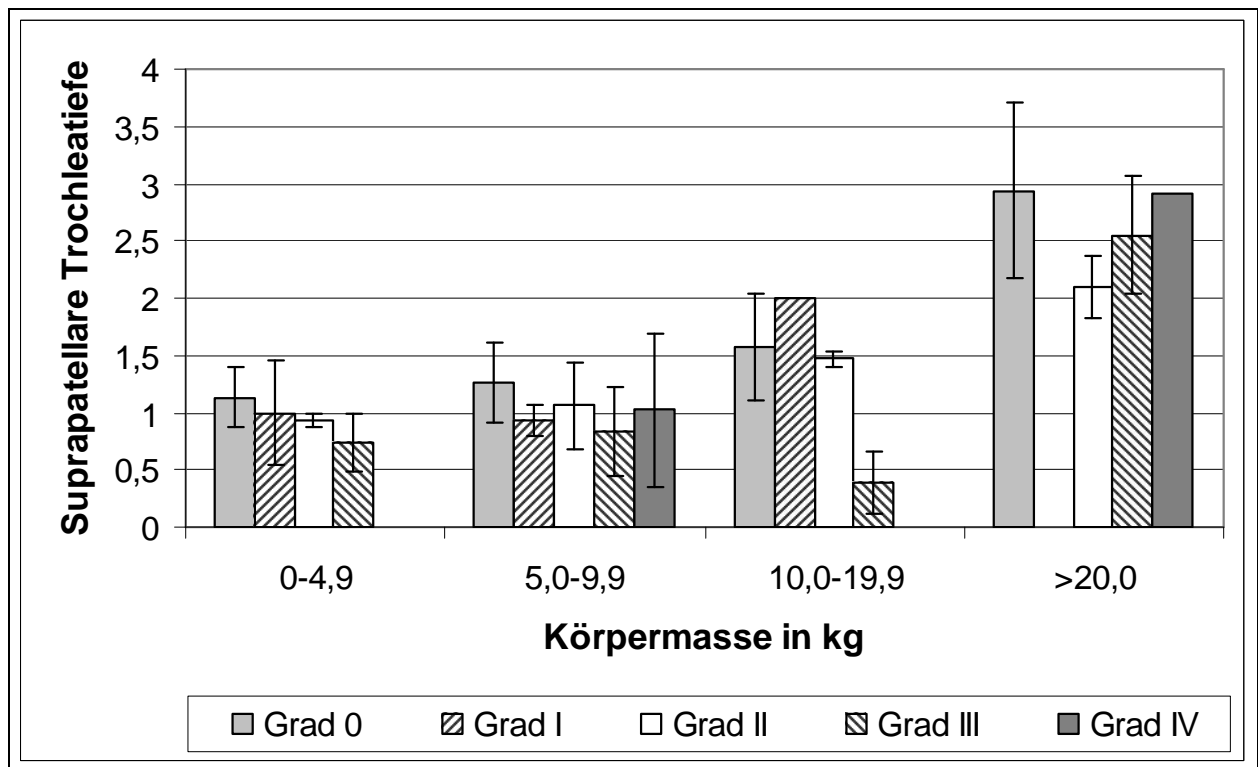
Der Mittelwert der suprapatellaren Trochleatiefe ist in der Gruppe III mit 0,39 mm (10,0-19,9 kg) am niedrigsten, in der Gruppe IV mit 2,92 (>20,0 kg) am höchsten. In der Untersuchungsgruppe 0 (>20,0 kg) liegt mit 4,89 mm der Maximalwert, in der Gruppe III (0-4,9 kg) mit 0,21 mm das Minimum. Die Hunde mit Patellaluxationsgrad I mit einem Gewicht von 5,0-9,9 kg und die des Grades II mit 0-4,9 kg weisen den gleichen Mittelwert von 0,93 mm auf (Tabelle 10).

Tabelle 10: Suprapatellare Trochleatiefe (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	1,13 \pm 0,26	1,26 \pm 0,35	1,57 \pm 0,47	2,94 \pm 0,77
	Min-max	0,90-1,56	0,60-2,04	0,92-2,34	1,23-4,89
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	1,00 \pm 0,46	0,93 \pm 0,14	2,00	-
	Min-max	0,67-1,32	0,81-1,09	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	0,93 \pm 0,06	1,06 \pm 0,38	1,47 \pm 0,07	2,09 \pm 0,27
	Min-max	0,85-1,01	0,58-1,70	1,41-1,54	1,78-2,27
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	0,74 \pm 0,26	0,83 \pm 0,39	0,39 \pm 0,27	2,55 \pm 0,52
	Min-max	0,21-1,16	0,46-1,24	1,15-1,68	2,18-2,92
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	1,02 \pm 0,67	-	2,92
	Min-max	-	0,25-1,45	-	-
	n	0	3	0	1

Die Gruppe „Gesund“ liegt mit ihren Mittelwerten über den Werten der „kranken“ Gruppen, ausgenommen der Hund zwischen 10,0 und 19,9 kg der Gruppe I. Die Mittelwerte der Trochleatiefe steigen bei den Patienten ohne Patellaluxation von Gewichtsgruppe zu Gewichtsgruppe an. Die Mittelwerte der Patienten mit Patellaluxation erhöhen sich ebenfalls mit steigender Körpermasse (Ausnahme: Gewichtsklasse 5,0-9,9 kg der Luxationsgruppe I und 10,0-19,9 kg der Gruppe III). Statistisch gesehen vergrößert sich pro kg Körpermassenzunahme die Trochleatiefe signifikant um 0,05 mm ($p < 0,001$), mit steigendem Patellaluxationsgrad sinkt die Tiefe ($p = 0,006$) um durchschnittlich 0,11 mm (Diagramm 11).

Diagramm 11: Mittelwerte und Standardabweichung der suprapatellaren Trochleatiefe (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.3.2 Infrapatellare Trochleatiefe

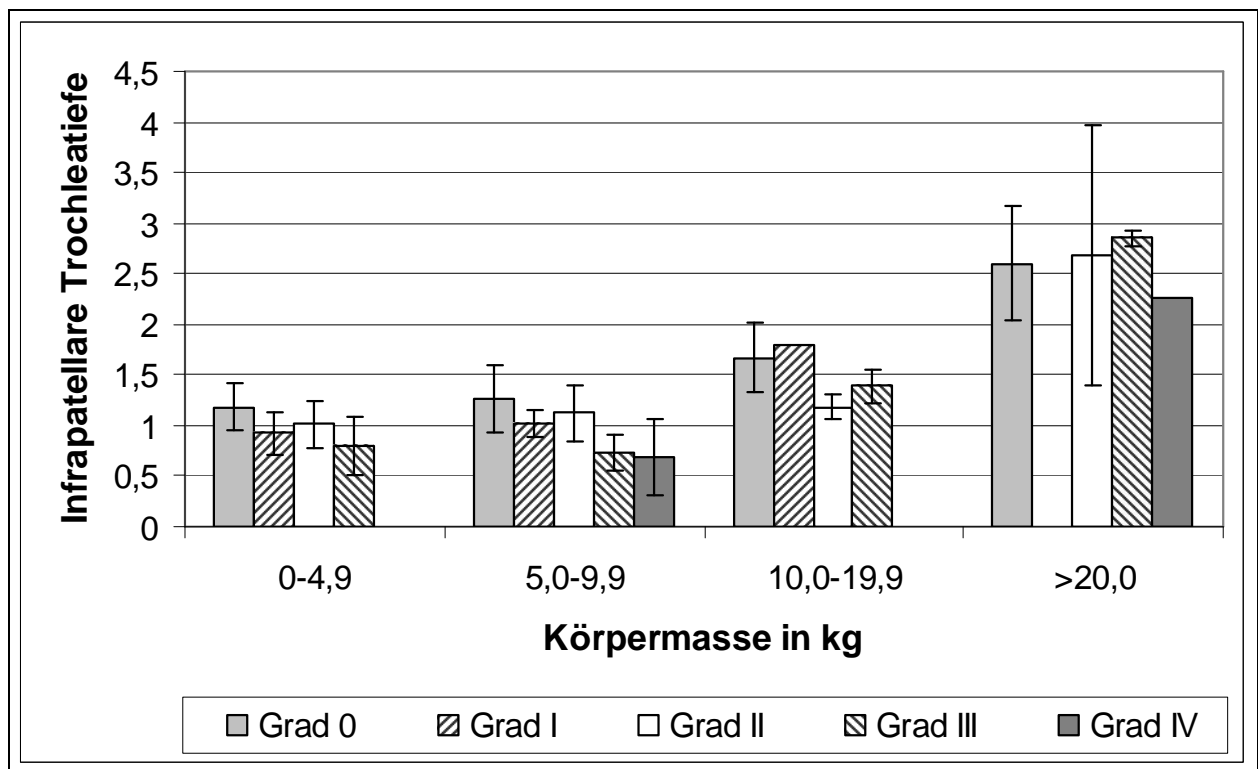
Die Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der infrapatellaren Trochleatiefe ähneln denen der suprapatellaren Trochleatiefe. Der höchste Mittelwert wird mit 2,85 mm von der Gruppe >20,0 kg der Patellaluxationsgruppe III gestellt, der kleinste mit 0,69 mm von der Gruppe 5,0-9,9 kg der Luxationsgruppe IV. Die Mittelwerte der Gewichtsgruppe 5,0-9,9 kg des Patellaluxationsgrades I und der Gruppe 0-4,9 kg des Grades II gleichen sich (1,02 und 1,01 mm). Das Maximum kommt mit 4,14 mm aus der Gewichtsklasse >20,0 kg der Luxationsgruppe 0, das Minimum mit 0,25 mm aus der Klasse 5,0-9,9 kg der Luxationsgruppe IV. Die Vergleichsgruppe überlappt mit ihrem Verteilungsbereich bis auf vier Gewichtsgruppen alle anderen Luxationsgruppen (Tabelle 11).

Tabelle 11: Infrapatellare Trochleatiefe (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	1,18 \pm 0,23	1,27 \pm 0,33	1,67 \pm 0,34	2,60 \pm 0,56
	Min-max	0,93-1,57	0,71-2,10	1,24-2,45	1,32-4,14
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	0,93 \pm 0,21	1,02 \pm 0,13	1,79	-
	Min-max	0,78-1,07	0,89-1,15	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	1,01 \pm 0,23	1,12 \pm 0,28	1,18 \pm 0,12	2,68 \pm 1,28
	Min-max	0,74-1,33	0,52-1,45	1,08-1,31	1,69-4,12
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	0,80 \pm 0,29	0,73 \pm 0,18	1,39 \pm 0,16	2,85 \pm 0,08
	Min-max	0,33-1,32	0,55-0,90	1,26-1,56	2,79-2,90
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	0,69 \pm 0,38	-	2,27
	Min-max	-	0,25-0,91	-	-
	n	0	3	0	1

Bei den patellaluxationsfreien Hunden weisen die Mittelwerte der infrapatellaren Trochleatiefe bis auf die Gewichtsgruppe 10,0-19,9 kg und >20,0 kg stets eine tiefere Trochlea auf als bei den Hunden mit Patellaluxation. Bezogen auf jede einzelne Patellaluxationsgruppe steigt mit zunehmendem Gewicht die Trochleatiefe durchschnittlich um 0,04 mm pro kg Körpermasse an. Von Luxationsgruppe zu Luxationsgruppe sinkt die Tiefe der Trochlea im Mittel um 0,10 mm. Sowohl die Zunahme mit steigendem Gewicht als auch die Abnahme des infrapatellaren Sulkuswinkels mit zunehmendem Schweregrad der Patellaluxation weisen statistisch signifikante Zusammenhänge auf ($p < 0,001$) (Diagramm 12).

Diagramm 12: Mittelwerte und Standardabweichung der infrapatellaren Trochleatiefe (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.4 Länge des medialen und lateralen Kondylus

4.1.4.1 Länge des suprapatellaren medialen Kondylus

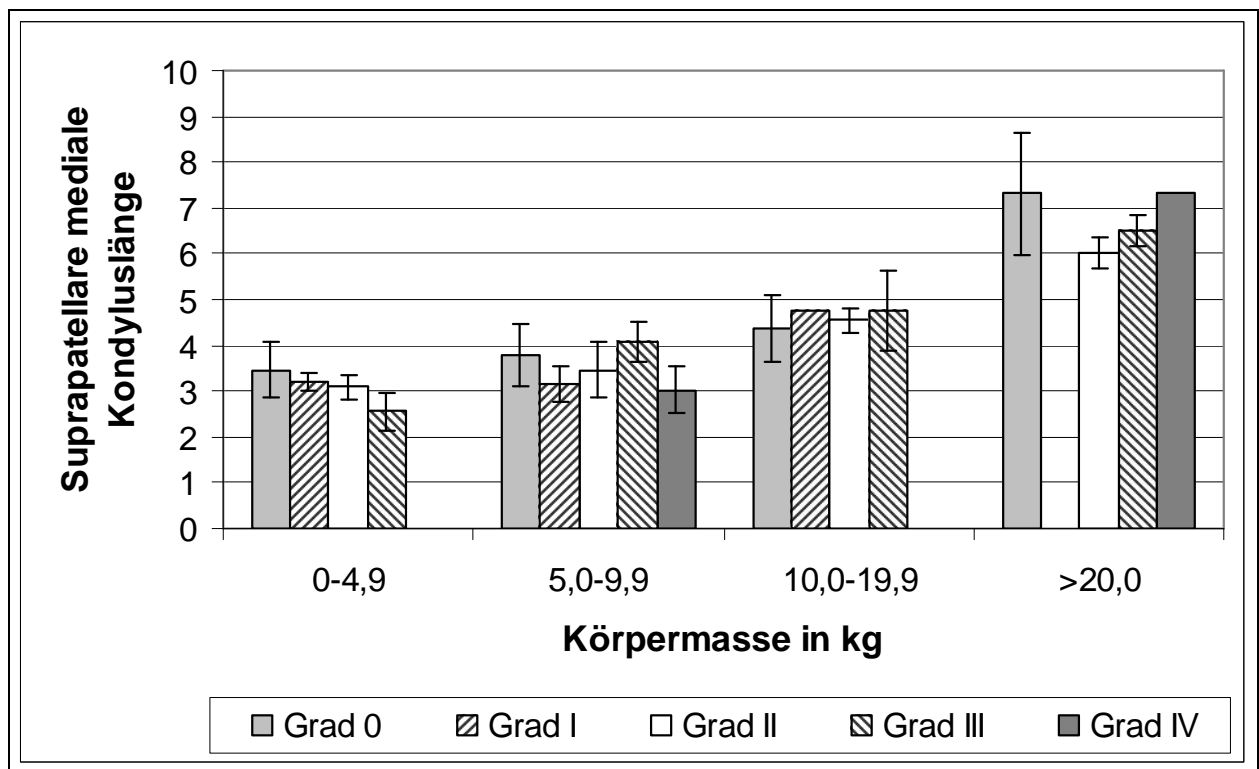
Den kleinsten Mittelwert und den Minimalwert der suprapatellaren medialen Kondyluslänge zeigt die niedrigste Gewichtsklasse der Patellaluxation III (2,56 und 1,93 mm) und den größten Mittelwert die höchste der Patellaluxation IV (7,35 mm). Die Gewichtsgruppe >20,0 kg der Untersuchungsgruppe 0 weist mit 11,08 mm das Maximum auf. Die Werte der gesunden Vergleichsgruppe (2,19-11,08 mm) enthalten, abgesehen von dem Minimalwert der Gruppe III, alle Minimal- und Maximalwerte der übrigen Patellaluxationsgruppen (Tabelle 12).

Tabelle 12: Länge des suprapatellaren medialen Kondylus (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	3,46 \pm 0,60	3,78 \pm 0,67	4,39 \pm 0,73	7,31 \pm 1,35
	Min-max	2,75-4,49	2,19-5,63	2,75-5,44	4,24-11,08
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	3,20 \pm 0,18	3,15 \pm 0,38	4,77	-
	Min-max	3,07-3,32	2,88-3,58	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	3,09 \pm 0,26	3,47 \pm 0,62	4,54 \pm 0,26	6,02 \pm 0,32
	Min-max	2,77-3,45	2,71-4,33	4,24-4,70	5,70-6,33
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	2,56 \pm 0,42	4,09 \pm 0,43	4,77 \pm 0,88	6,50 \pm 0,33
	Min-max	1,93-3,25	3,78-4,58	3,93-5,68	6,27-6,73
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	3,03 \pm 0,51	-	7,35
	Min-max	-	2,57-3,58	-	-
	n	0	3	0	1

Außer bei der Untersuchungsgruppe 5,0-9,9 kg (Patellaluxationsgruppe III), 10,0-19,9 kg (Patellaluxationsgruppe I-III) und >20,0 kg (Patellaluxationsgruppe IV) weisen die Mittelwerte der suprapatellaren medialen Kondyluslänge der Tiere ohne Patellaluxation einen längeren Kondylus auf als bei den Tieren mit Patellaluxation. In allen Untersuchungsgruppen steigt mit zunehmendem Gewicht die durchschnittliche Kondyluslänge um 0,11 mm pro kg mit $p < 0,001$ an. Die Länge des Kondylus verkleinert sich im Mittel bei steigender Patellainstabilität um 0,15 mm ($p = 0,003$) (Diagramm 13).

Diagramm 13: Mittelwerte und Standardabweichung der suprapatellaren medialen Kondyluslänge (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.4.2 Länge des suprapatellaren lateralen Kondylus

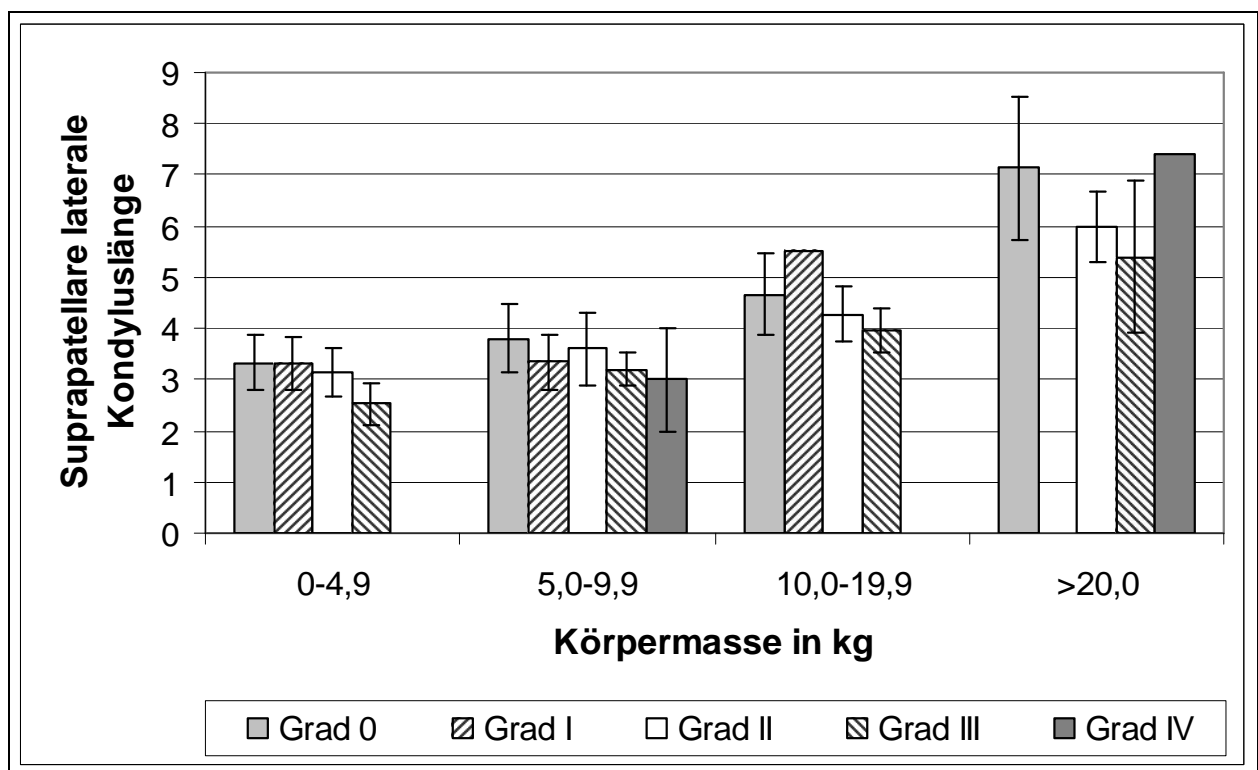
Von suprapatellar aus gemessen weisen die Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der lateralen Kondyluslänge keinen großen Unterschied zu den Werten der suprapatellaren medialen Kondyluslänge auf. Den niedrigsten Mittelwert mit 2,52 mm und den Minimalwert mit 1,79 mm zeigt die Gewichtsgruppe 0-4,9 kg der Patellaluxationsgruppe III. Die Patellaluxationsgruppe IV der Gewichtsklasse 10,0-19,9 kg stellt mit 7,39 mm den höchsten Mittelwert, die gesunde Vergleichsgruppe >20,0 kg mit 9,84 mm den Maximalwert. Die Mittelwerte der Gewichtsgruppe 0-4,9 kg (3,30 mm) und 5,0-9,9 kg (3,35 mm) des Patellaluxationsgrades I, der Gruppe 0-4,9 kg des Grades II (3,15 mm) sowie der Gruppe 5,0-9,9 kg des Grades III (3,19 mm) sind vergleichbar. Insgesamt umfasst die Gruppe der gesunden Hunde mit ihrer Verteilung von 2,16-9,84 mm bis auf zwei alle Patellaluxationsgruppen (Tabelle 13).

Tabelle 13: Länge des suprapatellaren lateralen Kondylus (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	3,33 \pm 0,55	3,81 \pm 0,67	4,66 \pm 0,80	7,14 \pm 1,40
	Min-max	2,57-4,36	2,16-5,27	3,41-5,93	3,32-9,84
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	3,30 \pm 0,52	3,35 \pm 0,54	5,53	-
	Min-max	2,67-2,93	2,78-3,85	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	3,15 \pm 0,47	3,60 \pm 0,72	4,28 \pm 0,55	5,98 \pm 0,69
	Min-max	2,67-3,93	2,12-4,85	3,88-4,91	5,20-6,51
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	2,52 \pm 0,40	3,19 \pm 0,32	3,96 \pm 0,44	5,39 \pm 1,48
	Min-max	1,79-3,19	2,82-3,42	3,47-4,31	4,34-6,43
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	3,00 \pm 1,01	-	7,39
	Min-max	-	2,25-4,15	-	-
	n	0	3	0	1

Die Untersuchungsgruppe „Gesund“ zeigt bis zu einem Gewicht von 9,9 kg größere Mittelwerte der suprapatellaren lateralen Kondyluslänge als die Gruppe „Krank“. In der Gewichtsgruppe 10,0-19,9 kg und >20,0 kg liegt nur der Mittelwert der Patellaluxationsgruppe I bzw. IV über der patellaluxationsfreien Gruppe. Bei den Tieren mit Patellaluxation steigt mit zunehmendem Körpergewicht die Länge des suprapatellaren lateralen Kondylus durchschnittlich 0,11 mm pro kg ($p < 0,001$). Mit zunehmendem Patellaluxationsgrad sinkt die Länge des Kondylus im Mittel 0,22 mm ($p < 0,001$) (Diagramm 14).

Diagramm 14: Mittelwerte und Standardabweichung der suprapatellaren lateralen Kondyluslänge (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.4.3 Verhältnis zwischen medialer und lateraler Kondyluslänge (suprapatellar)

Das Verhältnis zwischen der medialen und lateralen suprapatellar gemessenen Kondyluslänge schwankt bei den meisten Untersuchungsgruppen um den Wert 0, d. h. lateraler und medialer Kondylus sind annähernd gleich lang.

In der Untersuchungsgruppe III mit 5,0-9,9 kg liegt das Verhältnis bei 0,79 und bildet das Minimum. Das Maximum mit einem Verhältnis von 1,16 kommt aus der Patellaluxationsgruppe II mit 10,0-19,9 kg (Tabelle 14).

Tabelle 14: Verhältnis zwischen medialer und lateraler suprapatellarer Kondyluslänge in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert) (n = 170 Knie)

Patella-luxationsgrad	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	0,97	1,01	1,08	0,98
I	1,03	1,06	1,16	-
II	1,03	1,05	0,94	0,99
III	0,99	0,79	0,84	0,83
IV	-	0,97	-	1,01

4.1.4.4 Länge des infrapatellaren medialen Kondylus

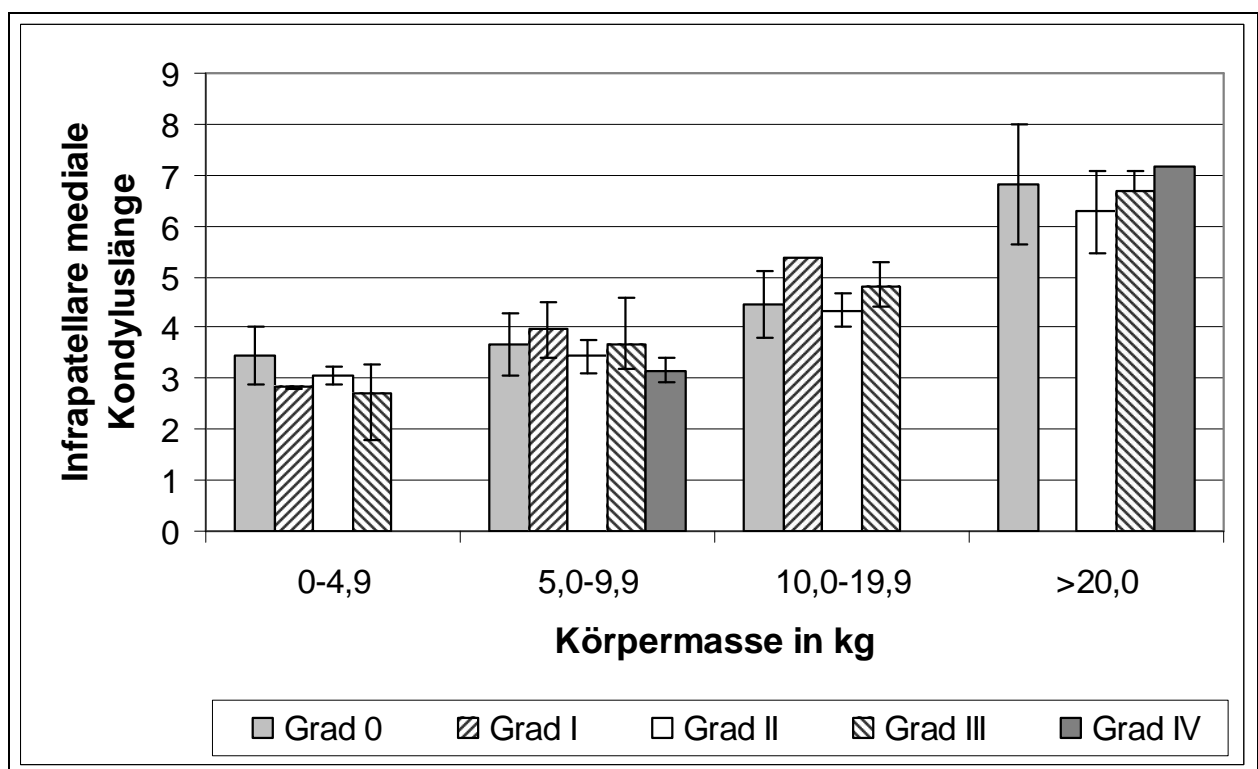
Bei der Länge des infrapatellaren medialen Kondylus liegen die Mittel-, Minimal- und Maximalwerte nahe bei denen der suprapatellaren medialen Kondyluslänge. Wie bei dieser weist die Gewichtsguppe 0-4,9 kg der Patellaluxationsgruppe III den niedrigsten Mittel- und Minimalwert auf (2,70 und 1,82 mm) und die Tiere über 20,0 kg der Patellaluxationsgruppe IV den höchsten Mittelwert mit 7,17 mm. Der Maximalwert mit 9,47 mm kommt aus der Gewichtsguppe >20,0 kg der Gruppe „Gesund“. Die Verteilung der gesunden Vergleichsgruppe überlappt durch seinen großen Streubereich alle Messwerte der anderen Untersuchungsgruppen, ausgenommen ist die Gewichtsklasse 0-4,9 kg der Patellaluxationsgruppe III (Tabelle 15).

Tabelle 15: Länge des infrapatellaren medialen Kondylus (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	3,46 \pm 0,57	3,68 \pm 0,62	4,46 \pm 0,66	6,82 \pm 1,18
	Min-max	2,74-4,31	2,71-5,60	3,25-5,57	5,00-9,47
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	2,82 \pm 0,01	3,96 \pm 0,55	5,39	-
	Min-max	2,81-2,82	3,95-4,51	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	3,05 \pm 0,17	3,44 \pm 0,32	4,34 \pm 0,32	6,27 \pm 0,82
	Min-max	2,80-3,19	3,03-4,18	4,14-4,71	5,76-7,22
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	2,70 \pm 0,56	3,67 \pm 0,90	4,82 \pm 0,46	6,69 \pm 0,40
	Min-max	1,82-3,84	2,74-4,54	4,37-5,28	6,41-6,97
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	3,16 \pm 0,25	-	7,17
	Min-max	-	2,98-3,45	-	-
	n	0	3	0	1

Die Auswertung der infrapatellaren medialen Kondyluslänge zeigt, dass die Mittelwerte der patellaluxationsfreien Tiere nur in der Gewichtsgruppe 0-4,9 kg größer sind als bei den Tieren mit Patellaluxation. In der Gewichtsgruppe 5,0-9,9 kg liegt die Patellaluxationsgruppe I über dem Mittelwert der gesunden Vergleichsgruppe, in der Gewichtsgruppe 10,0-19,9 kg die Luxationsgruppe I und III und in der Gewichtsgruppe >20,0 kg die Luxationsgruppe IV. Mit zunehmender Körpermasse vergrößert sich mit $p < 0,001$ die Länge des Kondylus im Durchschnitt um 0,10 mm pro kg, mit steigendem Patellaluxationsgrad verringert sich die Länge pro Gruppe statistisch signifikant ($p = 0,03$) um durchschnittlich 0,11 mm (Diagramm 15).

Diagramm 15: Mittelwerte und Standardabweichung der infrapatellaren medialen Kondyluslänge (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.4.5 Länge des infrapatellaren lateralen Kondylus

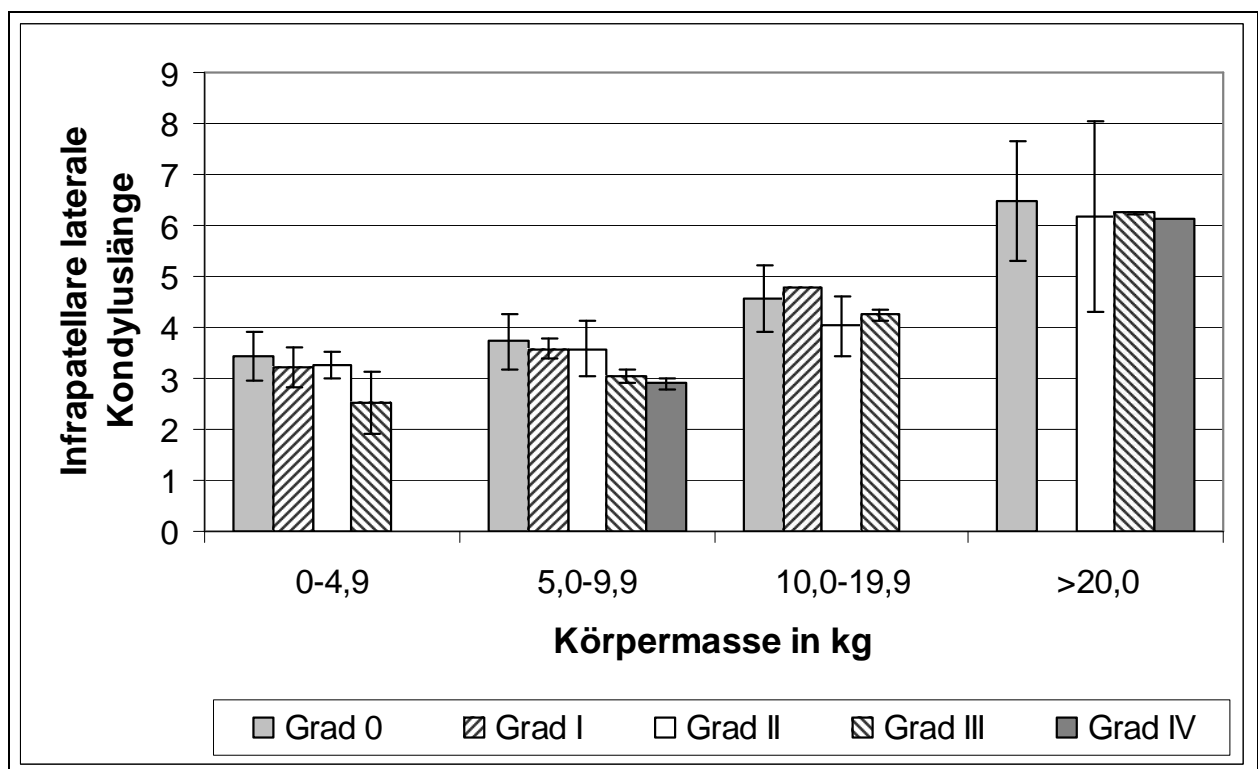
Die Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der infrapatellaren lateralen Kondyluslänge ähneln den Werten der infrapatellaren medialen Kondyluslänge. Der Mittelwert liegt zwischen 2,52 (Patellaluxationsgruppe III: 0-4,9 kg) und 6,47 mm (Patellaluxationsgruppe 0: >20,0 kg). Dem Minimum von 1,55 mm (Patellaluxationsgruppe III: 0-4,9 kg) steht ein Maximum von 8,90 mm (Patellaluxationsgruppe 0: >20,0 kg) gegenüber. In der Gewichtsgruppe 0-4,9 kg zeigen die Mittelwerte der Patellaluxationsgruppe I und II eng aneinander liegende Meßwerte (3,23 und 3,27 mm). Die Minimal- und Maximalwerte der Patellaluxationsgruppe 0 (2,66-8,90 mm) umspannen bis auf die Gewichtsgruppe 0-4,9 kg der Luxationsgruppe III alle anderen Messwerte der übrigen Patellaluxationsgruppen (Tabelle 16).

Tabelle 16: Länge des infrapatellaren lateralen Kondylus (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	3,44 \pm 0,48	3,72 \pm 0,55	4,57 \pm 0,64	6,47 \pm 1,17
	Min-max	2,71-4,45	2,66-5,23	3,48-5,53	4,78-8,90
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	3,23 \pm 0,40	3,57 \pm 0,20	4,78	-
	Min-max	2,94-3,51	3,44-3,80	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	3,27 \pm 0,25	3,57 \pm 0,54	4,04 \pm 0,59	6,17 \pm 1,88
	Min-max	2,96-3,52	2,73-4,60	3,59-4,71	4,95-8,33
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	2,52 \pm 0,61	3,05 \pm 0,14	4,24 \pm 0,11	6,24 \pm 0,03
	Min-max	1,55-3,64	2,93-3,21	4,16-4,36	6,22-6,26
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	2,90 \pm 0,12	-	6,11
	Min-max	-	2,77-3,00	-	-
	n	0	3	0	1

Die Mittelwerte der gesunden Vergleichsgruppe liegen über den Werten der Gruppen „Krank“, ausgenommen ist die Patellaluxationsgruppe I der Gewichtsgruppe 10-19,9 kg. Zwischen benachbarten Luxationsgraden nimmt die infrapatellare mediale Kondyluslänge mit steigendem Luxationsgrad statistisch signifikant ($p < 0,001$) durchschnittlich um 0,19 mm ab, während pro kg Körpermassenzunahme die Länge im Mittel um 0,09 mm ($p < 0,001$) zunimmt (Diagramm 16).

Diagramm 16: Mittelwerte der infrapatellaren lateralen Kondyluslänge (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.4.6 Verhältnis zwischen medialer und lateraler Kondyluslänge (infrapatellar)

Bei der gesunden Untersuchungsgruppe und bei den Patellaluxationsgruppen schwankt das Verhältnis von medialer zu lateraler infrapatellarer Kondyluslänge um den Wert 0. Der Minimalwert liegt bei 0,85 und kommt aus der Gewichtsklasse über 20,0 kg der Patellaluxationsgruppe IV, das Maximum von 1,15 aus Gewichtsgruppe 0-4,9 kg der Patellaluxationsgruppe I (Tabelle 17).

Tabelle 17: Verhältnis zwischen medialer und lateraler infrapatellarer Kondyluslänge in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert) (n = 170 Knie)

Patella-luxationsgrad	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	1,01	1,02	1,03	0,95
I	1,15	0,92	0,88	-
II	1,07	1,04	0,93	1,00
III	0,94	0,87	0,88	0,94
IV	-	0,92	-	0,85

4.1.5 Breite des medialen und lateralen Kondylus

4.1.5.1 Breite des suprapatellaren medialen Kondylus

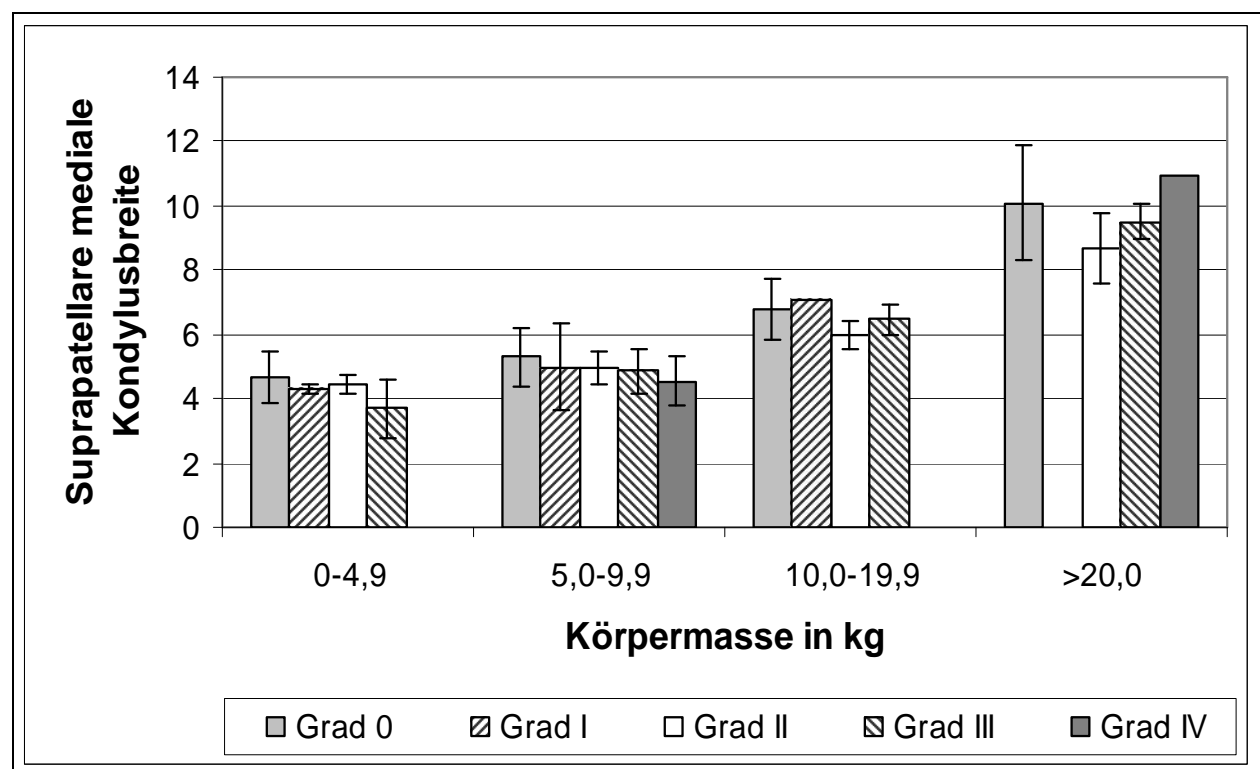
Die Breite des suprapatellaren medialen Kondylus ergibt einen Minimalwert von 2,32 mm (Untersuchungsgruppe III, 0-4,9 kg) und einen Maximalwert von 14,51 mm (Untersuchungsgruppe 0, >20,0 kg). Der kleinste Mittelwert kommt aus der Gruppe III mit einem Gewicht von 0-4,9 kg, der größte aus der Gruppe IV mit einem Gewicht über 20,0 kg. Die Verteilung der Patellaluxationsgruppe 0 umfasst mit den Werten 3,31-14,51 mm alle Gruppen, außer der Patellaluxationsgruppe, die den Minimalwert beinhaltet. Die Gewichtsgruppe 5,0-9,9 kg zeigt bei den Patellaluxationsgraden I-III eng beieinander liegende Mittelwerte (4,96; 4,97 und 4,85 mm). Auch die Mittelwerte der Patellaluxationsgruppe II, 0-4,9 kg und die Gruppe IV, 5,0-9,9 kg liegen dicht zusammen (4,45 und 4,54 mm) (Tabelle 18).

Tabelle 18: Breite des suprapatellaren medialen Kondylus (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	4,69 \pm 0,80	5,29 \pm 0,90	6,77 \pm 0,95	10,08 \pm 1,80
	Min-max	3,81-6,08	3,31-7,56	5,37-9,33	6,63-14,51
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	4,28 \pm 0,14	4,96 \pm 1,35	7,08	-
	Min-max	4,18-4,38	4,01-6,50	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	4,45 \pm 0,31	4,97 \pm 0,49	5,95 \pm 0,44	8,66 \pm 1,09
	Min-max	4,05-4,89	4,05-5,60	5,45-6,28	7,81-9,89
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	3,70 \pm 0,90	4,85 \pm 0,71	6,48 \pm 0,47	9,51 \pm 0,57
	Min-max	2,32-5,97	4,03-5,34	5,94-6,81	9,11-9,91
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	4,54 \pm 0,77	-	10,93
	Min-max	-	3,67-5,12	-	-
	n	0	3	0	1

Die Patellaluxationsgruppe 0 zeigt bis zu einem Gewicht von 9,9 kg stets höhere Mittelwerte als die anderen Patellaluxationsgruppen. Über dieser Gewichtsklasse besitzt jeweils eine Patellaluxationsgruppe einen größeren Mittelwert: In der Gewichtsklasse 10,0-19,9 kg ist das die Patellaluxationsgruppe I und in der Gruppe >20,0 kg die Luxationsgruppe IV. Mit steigendem Gewicht vergrößert sich die suprapatellare mediale Kondylusbreite mit $p < 0,001$ im Mittel um 0,16 mm pro kg Körpermasse, wohingegen mit zunehmendem Patellaluxationsgrad die Breite sich im Mittel ($p = 0,002$) um durchschnittlich 0,21 mm verkleinert (Diagramm 17).

Diagramm 17: Mittelwerte und Standardabweichung der suprapatellaren medialen Kondylusbreite (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.5.2 Breite des suprapatellaren lateralen Kondylus

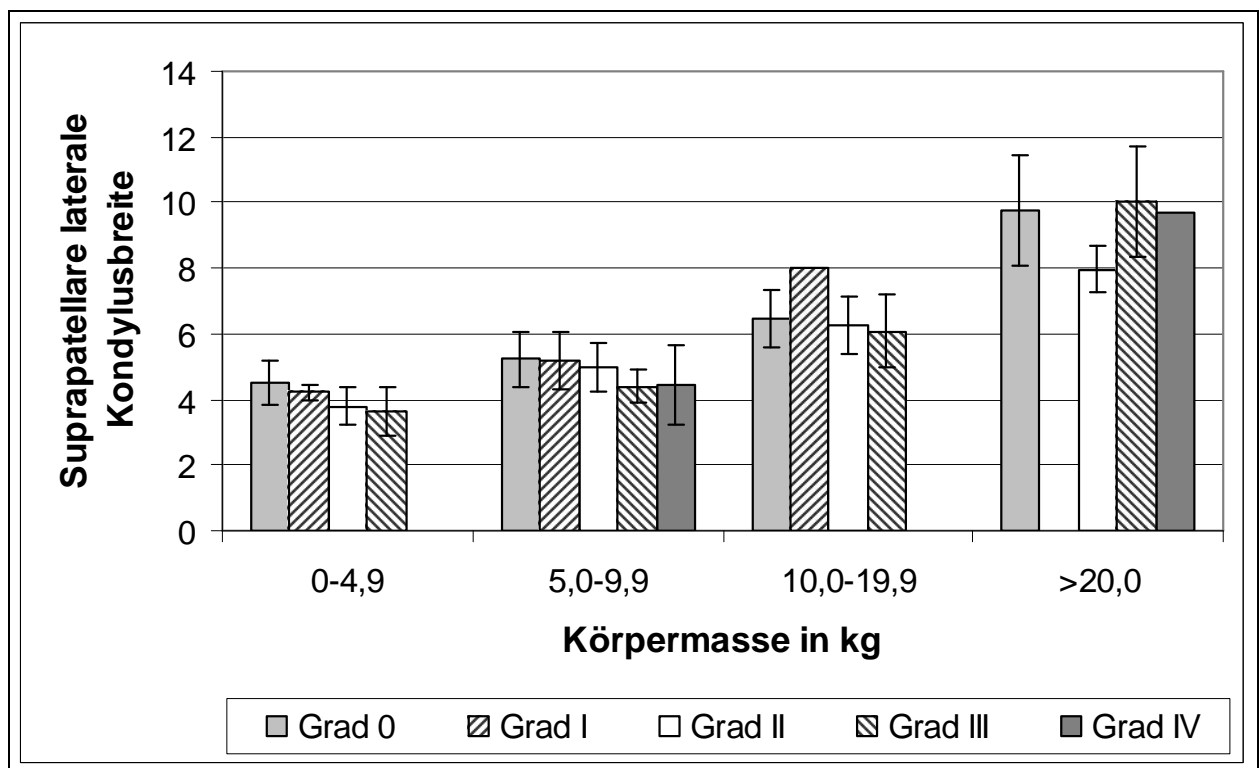
Der kleinste Mittelwert tritt in der Gruppe III mit einem Gewicht von 0-4,9 kg (3,64 mm), der größte in der Gruppe III mit mehr als 20,0 kg (10,02 mm) auf. Das Minimum lässt sich in der Gruppe III, 0-4,9 kg mit 2,25 mm und das Maximum mit 14,61 mm in der Gruppe „Gesund“, >20,0 kg erkennen. In der Patellaluxationsgruppe 0 konnte mit Werten zwischen 3,27 und 14,61 mm die größte Ausdehnung ermittelt werden. Eng beieinander liegen die Mittelwerte der Untersuchungsgruppe III und IV in der Gewichtsgruppe 5,0-9,9 kg und der Gruppe I in der Gewichtsgruppe 0-4,9 kg mit Werten von 4,39 bzw. 4,45 und 4,23 mm. Ebenfalls eng zusammen befinden sich die Werte der Gewichtsklasse 0-4,9 kg der Patellaluxationsgruppe II und III mit 3,79 bzw. 3,64 mm (Tabelle 19).

Tabelle 19: Breite des suprapatellaren lateralen Kondylus (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	4,51 \pm 0,69	5,22 \pm 0,87	6,46 \pm 0,90	9,75 \pm 1,68
	Min-max	3,85-6,00	3,27-7,63	5,23-8,54	6,52-14,61
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	4,23 \pm 0,23	5,18 \pm 0,88	7,98	-
	Min-max	4,07-4,39	4,33-6,08	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	3,79 \pm 0,56	4,96 \pm 0,74	6,25 \pm 0,87	7,95 \pm 0,71
	Min-max	3,10-4,25	3,81-6,13	5,45-7,18	7,44-8,76
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	3,64 \pm 0,72	4,39 \pm 0,49	6,07 \pm 1,11	10,02 \pm 1,70
	Min-max	2,25-4,91	3,84-4,78	4,82-6,94	8,82-11,22
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	4,45 \pm 1,23	-	9,67
	Min-max	-	3,22-5,67	-	-
	n	0	3	0	1

Bis zu einem Gewicht von 9,9 kg besitzt die Gruppe „Gesund“ den höchsten Mittelwert der suprapatellaren lateralen Kondylusbreite. In der Gewichtsgruppe 10,0-19,9 kg besitzt die Patellaluxationsgruppe I den größten Mittelwert, in der Gruppe >20,0 kg die Luxationsgruppe III. Bei der suprapatellaren lateralen Kondylusbreite vergrößert sich mit steigendem Gewicht die Breite im Mittel um 0,15 mm pro kg Körpermasse statistisch signifikant ($p < 0,001$). Von Luxationsgrad zu Luxationsgrad verringert sich mit zunehmendem Schweregrad die Breite im Durchschnitt um 0,22 mm ($p = 0,001$) (Diagramm 18).

Diagramm 18: Mittelwerte der suprapatellaren lateralen Kondylusbreite (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.5.3 Breite des infrapatellaren medialen Kondylus

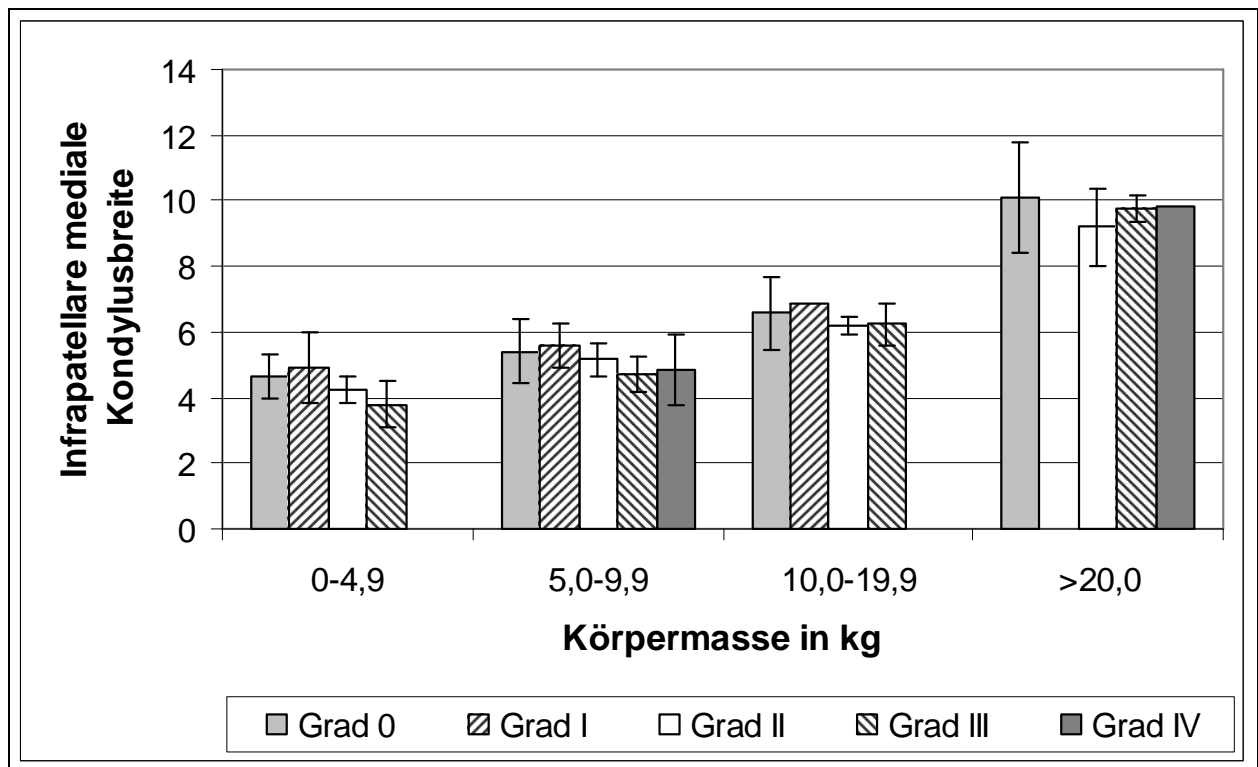
Die Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der infrapatellaren medialen Kondylusbreite zeigen große Ähnlichkeit mit den Werten der suprapatellaren medialen Kondylusbreite. Das Minimum liegt mit 2,50 mm in der Gewichtsklasse 0-4,9 kg der Untersuchungsgruppe III und das Maximum mit 14,19 mm in der Gewichtsklasse >20,0 kg der Gruppe 0. Der niedrigste Mittelwert kommt mit 3,79 mm aus der gleichen Gruppe wie der Minimalwert, der höchste Mittelwert mit 10,09 mm aus der Gruppe 0, >20,0 kg. Die Untersuchungsgruppe „Gesund“ überlappt mit Werten von 3,41-14,19 mm alle anderen Untersuchungsgruppen außer die Gewichtsguppe 0-4,9 kg der Luxationsgruppe III. Die Werte der Untersuchungsgruppen I-IV überschneiden sich untereinander (Tabelle 20).

Tabelle 20: Breite des infrapatellaren medialen Kondylus (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	4,65 \pm 0,66	5,39 \pm 0,98	6,58 \pm 1,12	10,09 \pm 1,66
	Min-max	3,41-5,63	3,55-9,51	4,88-9,36	7,39-14,19
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	4,92 \pm 1,10	5,56 \pm 0,68	6,85	-
	Min-max	4,14-5,70	4,78-5,96	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	4,24 \pm 0,41	5,15 \pm 0,53	6,20 \pm 0,26	9,19 \pm 1,15
	Min-max	3,85-4,88	4,53-6,53	5,96-6,47	7,88-10,00
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	3,79 \pm 0,70	4,70 \pm 0,56	6,23 \pm 0,64	9,73 \pm 0,40
	Min-max	2,50-4,80	4,05-5,05	5,50-6,60	9,44-10,01
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	4,85 \pm 1,10	-	9,81
	Min-max	-	3,93-6,07	-	-
	n	0	3	0	1

Die Mittelwerte der infrapatellaren medialen Kondylusbreite steigen von Gewichtsgruppe zu Gewichtsgruppe statistisch signifikant an ($p < 0,001$). Der Anstieg der Breite beträgt im Mittel 0,16 mm pro kg Körpermasse. Mit zunehmender Patellainstabilität verringert sich die Breite pro Luxationsgrad statistisch signifikant um 0,20 mm ($p = 0,002$) (Diagramm 19).

Diagramm 19: Mittelwerte und Standardabweichung der infrapatellaren medialen Kondylusbreite (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.5.4 Breite des infrapatellaren lateralen Kondylus

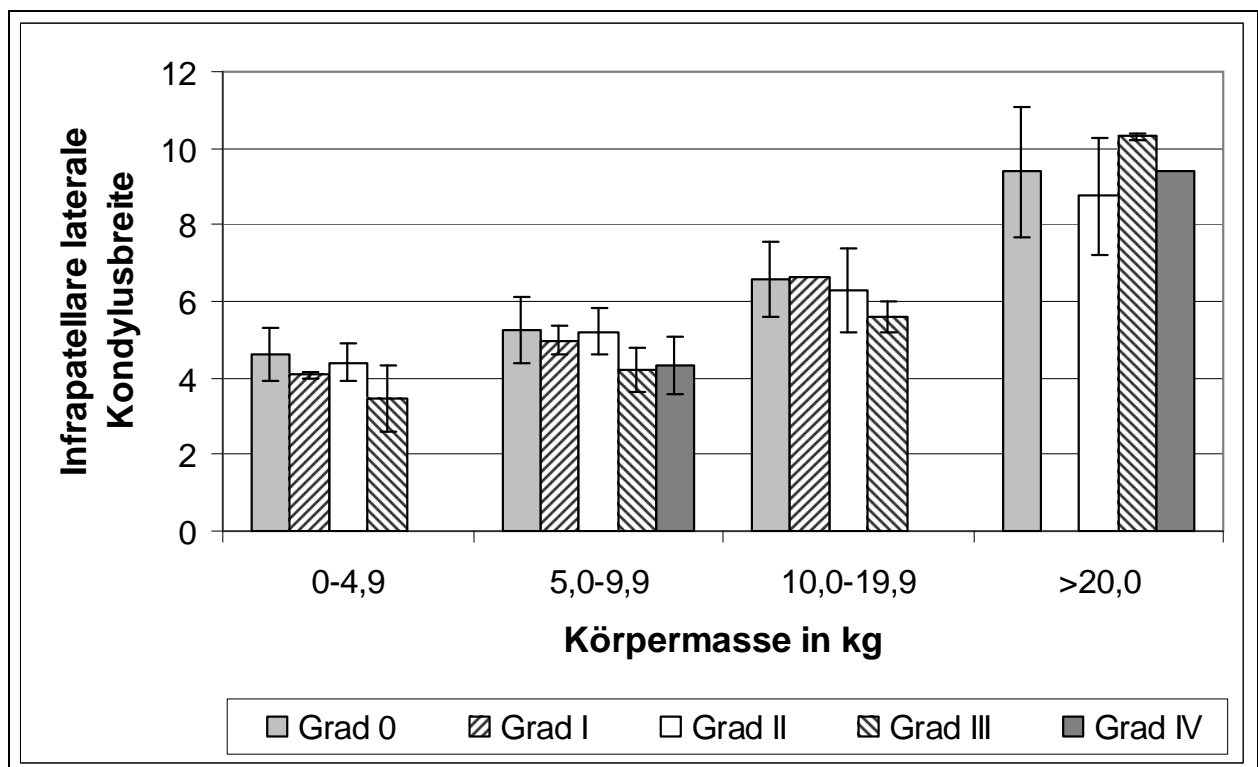
Die Breite des infrapatellaren lateralen Kondylus zeigt Minimalwerte von 2,03 mm (Gewichtsguppe 0-4,9 kg der Untersuchungsgruppe III) und Maximalwerte von 12,89 mm (>20,0 kg der Untersuchungsgruppe 0). Den höchsten Mittelwert stellt die Gewichtsguppe >20,0 kg mit 10,30 mm, den niedrigsten die Gewichtsguppe 0-4,9 kg der Luxationsgruppe III mit 3,47 mm. Die Kontrollgruppe „Gesund“ weist die größte Spannbreite von 3,87-12,89 mm auf. In den einzelnen Patellaluxationsgruppen kommt es zu Überschneidungen der Minima und Maxima. Ähnliche Mittelwerte besitzen die Gewichtsguppe 0-4,9 kg des Patellaluxationsgrades II und die Gewichtsguppe 5,0-9,9 kg des Grades III und IV (4,41; 4,21 und 4,34 mm) (Tabelle 21).

Tabelle 21: Breite des infrapatellaren lateralen Kondylus (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	4,62 \pm 0,67	5,26 \pm 0,85	6,58 \pm 0,99	9,39 \pm 1,69
	Min-max	3,70-5,67	3,75-8,13	5,54-9,45	6,61-12,89
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	4,08 \pm 0,09	4,99 \pm 0,35	6,63	-
	Min-max	4,01-4,14	4,64-5,34	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	4,41 \pm 0,50	5,21 \pm 0,59	6,28 \pm 1,10	8,76 \pm 1,53
	Min-max	3,78-5,07	4,31-5,97	5,35-7,50	7,53-10,48
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	3,47 \pm 0,85	4,21 \pm 0,59	5,60 \pm 0,38	10,30 \pm 0,06
	Min-max	2,03-4,91	3,78-4,89	5,18-5,93	10,26-10,34
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	4,34 \pm 0,76	-	9,43
	Min-max	-	3,48-4,92	-	-
	n	0	3	0	1

Die Patellaluxationsgruppe 0 zeigt bis zu einem Gewicht von 9,9 kg den größten Mittelwert, zwischen 10,0-19,9 kg die Luxationsgruppe I und über 20,0 kg die Luxationsgruppe III. Mit steigendem Gewicht verbreitert sich der infrapatellare laterale Kondylus um 0,14 mm pro kg Körpermasse ($p < 0,001$), mit Zunahme der Patellainstabilität sinkt die Kondylusbreite um 0,22 mm ($p = 0,001$) (Diagramm 20).

Diagramm 20: Mittelwerte und Standardabweichung der infrapatellaren lateralen Kondylusbreite (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.6 Höhe des medialen und lateralen Kondylus

4.1.6.1 Höhe des suprapatellaren medialen Kondylus

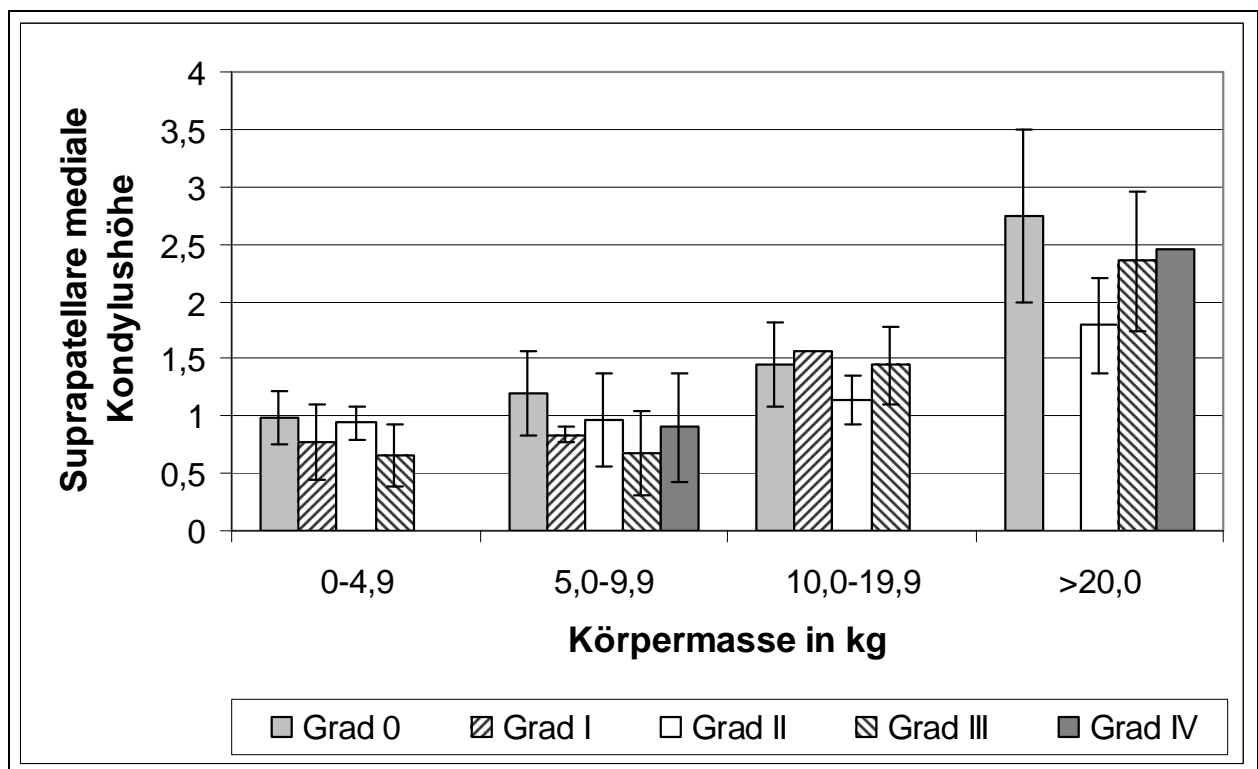
Die Spannbreite der suprapatellaren medialen Kondylushöhe reicht von minimal 0,09 mm (Patellaluxationsgruppe III, 0-4,9 kg) bis maximal 4,86 mm (Gruppe 0, >20,0 kg). Der niedrigste und der höchste Mittelwert kommen aus den gleichen Patellaluxationsgruppen wie der Minimal- und der Maximalwert: niedrigster Mittelwert ist mit 0,66 mm aus der Luxationsgruppe III, 0-4,9 kg und höchster Mittelwert mit 2,74 mm aus der Luxationsgruppe 0, >20,0 kg. Die größte Verteilung weist die Gruppe „Gesund“ mit Werten von 0,25-4,86 mm auf und umfasst damit bis auf eine Luxationsgruppe alle anderen Untersuchungsgruppen. In der Gruppe „Krank“ gibt es viele Überschneidungen bei den Minimal- und Maximalwerten. In den Patellaluxationsgruppen I-III liegen die Mittelwerte der Gewichtsklassen 0-4,9 kg und 5,0-9,9 kg eng beieinander (Gruppe I: 0,78 und 0,84 mm; Gruppe II: 0,94 und 0,97 mm; Gruppe III: 0,66 und 0,68 mm) (Tabelle 22).

Tabelle 22: Höhe des suprapatellaren medialen Kondylus (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n)) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	0,99 \pm 0,23	1,20 \pm 0,37	1,45 \pm 0,36	2,74 \pm 0,75
	Min-max	0,74-1,34	0,25-2,57	0,90-2,11	1,35-4,86
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	0,78 \pm 0,33	0,84 \pm 0,06	1,56	-
	Min-max	0,55-1,01	0,79-0,90	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	0,94 \pm 0,15	0,97 \pm 0,40	1,14 \pm 0,21	1,79 \pm 0,41
	Min-max	0,76-1,12	0,41-1,76	0,91-1,33	1,44-2,25
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	0,66 \pm 0,27	0,68 \pm 0,37	1,44 \pm 0,34	2,35 \pm 0,61
	Min-max	0,09-1,16	0,37-1,09	1,16-1,82	1,92-2,78
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	0,90 \pm 0,48	-	2,45
	Min-max	-	0,35-1,23	-	-
	n	0	3	0	1

Bei den Hunden ohne Patellaluxation liegt der Mittelwert außer in der Gewichtsgruppe 10,0-19,9 kg über den Mittelwerten der Hunde mit Patellaluxation. In der Gewichtsgruppe 10,0-19,9 kg stellt die Patellaluxationsgruppe I den höchsten Mittelwert. Pro kg Körpermasse steigt die Höhe durchschnittlich um 0,05 mm statistisch signifikant ($p < 0,001$), mit zunehmender Patellaluxation fällt sie im Mittel um 0,10 mm ($p = 0,001$) (Diagramm 21).

Diagramm 21: Mittelwerte und Standardabweichung der suprapatellaren medialen Kondylushöhe (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.6.2 Höhe des suprapatellaren lateralen Kondylus

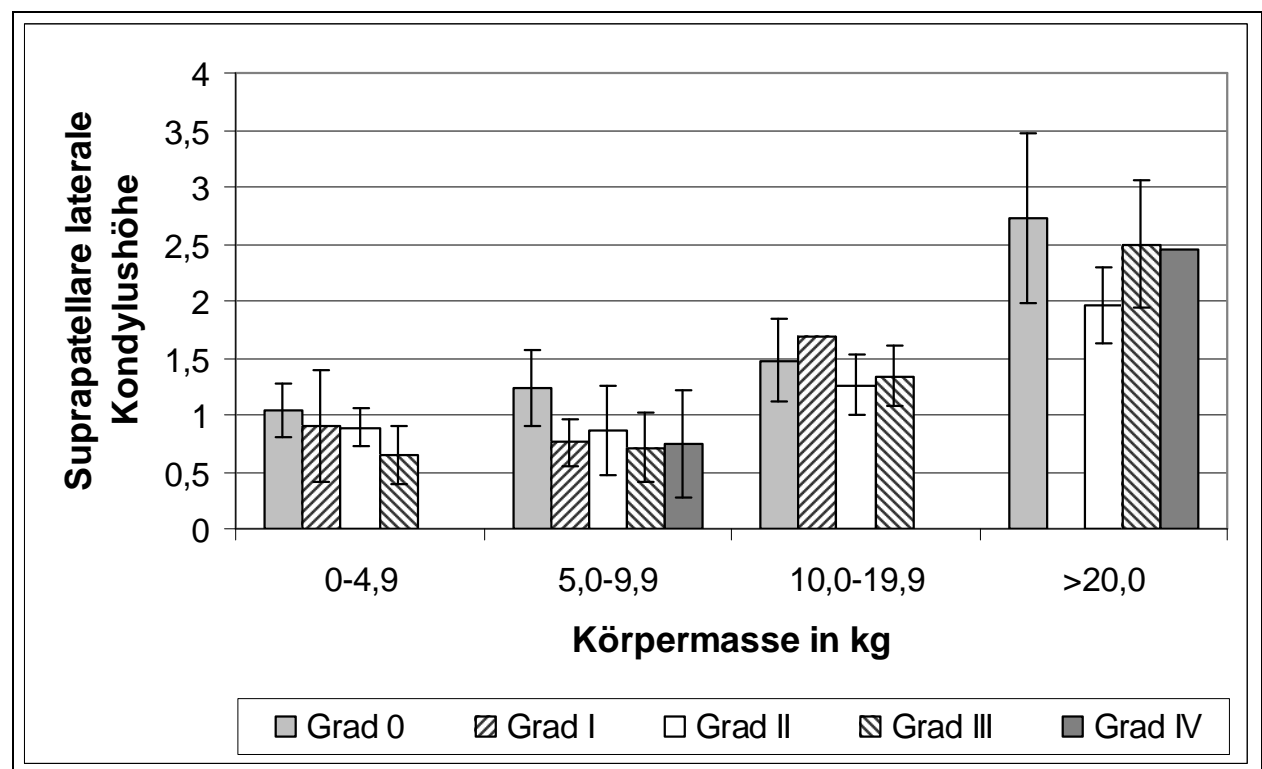
Die Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der suprapatellaren lateralen Kondylushöhe zeigen ähnliche Werte wie die der medialen Kondylushöhe. Der Minimalwert beträgt bei diesem Untersuchungsparameter 0,13 mm (Patellaluxationsgrad III, 0-4,9 kg), der Maximalwert 4,74 mm (Patellaluxationsgrad 0, >20,0 kg). Der Patellaluxationsgrad 0 besitzt die größte Ausdehnung mit 0,42-4,74 mm und schließt die Mittelwerte der anderen Patellaluxationsgrade ein. Viele Mittelwerte besitzen fast identische Werte: Gruppe I: 0-4,9 kg, Gruppe II: 0-4,9 und 5,0-9,9 kg (0,90, 0,89 und 0,87 mm); Gruppe I: 5,0-9,9 kg, Gruppe III: 0-4,9 und 5,0-9,9 kg und Gruppe IV: 5,0-9,9 kg (0,76, 0,65, 0,71 und 0,75 mm); Gruppe III und IV: > 20,0 kg (2,46, 2,50 und 2,45 mm) und Gruppe 0: 5,0-9,9 kg, Gruppe II und III: 10-19,9 kg (1,23, 1,26 und 1,34 mm) (Tabelle 23).

Tabelle 23: Höhe des suprapatellaren lateralen Kondylus (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	1,04 \pm 0,24	1,23 \pm 0,33	1,48 \pm 0,37	2,73 \pm 0,75
	Min-max	0,72-1,42	0,42-2,55	1,00-2,16	1,26-4,74
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	0,90 \pm 0,49	0,76 \pm 0,21	1,69	-
	Min-max	0,55-1,24	0,60-1,00	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	0,89 \pm 0,17	0,87 \pm 0,39	1,26 \pm 0,26	1,96 \pm 0,33
	Min-max	0,71-1,08	0,23-1,77	0,98-1,50	1,60-2,25
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	0,65 \pm 0,26	0,71 \pm 0,30	1,34 \pm 0,27	2,50 \pm 0,56
	Min-max	0,13-1,09	0,40-1,00	1,13-1,65	2,10-2,89
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	0,75 \pm 0,47	-	2,45
	Min-max	-	0,22-1,12	-	-
	n	0	3	0	1

Abgesehen von der Gewichtsgruppe 10,0-19,9 kg stellt die Patellaluxationsgruppe 0 stets den höchsten Mittelwert der suprapatellaren lateralen Kondylushöhe. Den höchsten Mittelwert weist in der Gewichtsgruppe 10,0-19,9 kg die Patellaluxationsgruppe I auf. Statistisch gesehen nimmt mit wachsendem Luxationsgrad die Höhe signifikant ab (0,12 mm pro Luxationsgruppe) ($p < 0,001$), mit zunehmendem Körpergewicht vergrößert sich die Höhe signifikant um 0,05 mm pro kg Körpermasse ($p < 0,001$) (Diagramm 22).

Diagramm 22: Mittelwerte und Standardabweichung der suprapatellaren lateralen Kondylushöhe (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.6.3 Verhältnis zwischen medialer und lateraler Kondylushöhe (suprapatellar)

Die Mittelwerte der Verhältnisse zwischen medialer und lateraler suprapatellarer Kondylushöhe zeigen eine Verteilung von 0,91 (Patellaluxationsgruppe I mit 0-4,9 kg und Patellaluxationsgruppe II mit 10,0-19,0 kg sowie >20,0 kg) bis 1,31 (Gruppe IV mit 5,0-9,9 kg). Ausgenommen die Patellaluxationsgruppe, die das Maximum stellt, und die Gruppen I mit 5,0-9,9 kg, II mit 0-4,9 kg und Gruppe III mit 10-19,9 kg liegt das Verhältnis bei allen anderen Untersuchungsgruppen bei $\leq 1,00$ (Tabelle 24).

Tabelle 24: Verhältnis zwischen medialer und lateraler suprapatellarer Kondylushöhe in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert) (n = 170 Knie)

Patella-luxationsgrad	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	0,96	0,96	0,99	1,01
I	0,91	1,17	0,92	-
II	1,08	1,00	0,91	0,91
III	1,00	0,94	1,08	0,94
IV	-	1,31	-	1,00

4.1.6.4 Höhe des infrapatellaren medialen Kondylus

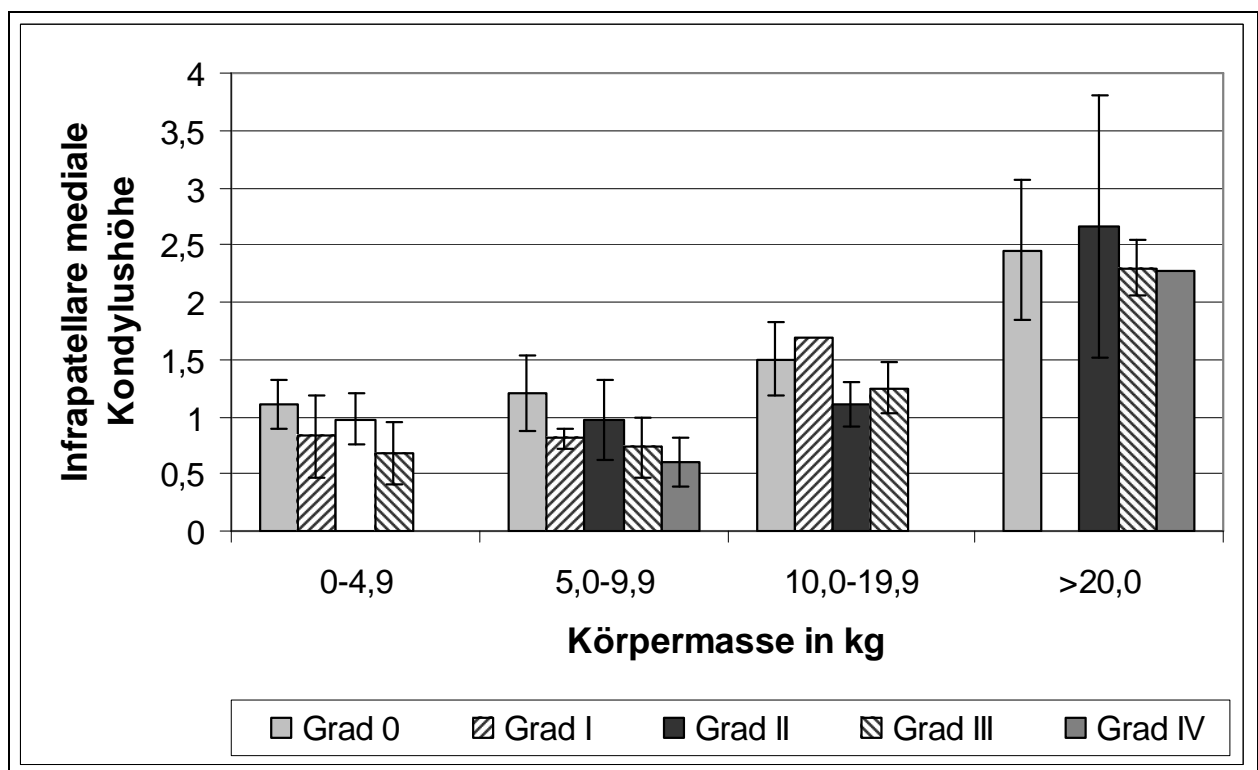
Die Höhe des infrapatellaren medialen Kondylus beträgt minimal 0,26 mm (Patellaluxationsgruppe III, 0-4,9 kg), maximal 3,83 mm (Patellaluxationsgruppe 0, >20,0 kg). Der kleinste Mittelwert kommt aus der Patellaluxationsgruppe IV, 5,0-9,9 kg (0,60 mm), der größte Mittelwert aus der Gruppe II, >20,0 kg. Die größte Verteilungsbreite weist mit Werten von 0,72-3,83 mm die Patellaluxationsgruppe 0 auf. Sie umfasst mit diesen Werten bis auf eine Patellaluxationsgruppe alle anderen Mittelwerte. Die Verteilungen bei den einzelnen Patellaluxationsgraden überlappen sich. In den Patellaluxationsgruppen I-III haben jeweils die Gewichtsgruppen 0-4,9 und 5,0-9,9 kg ähnliche Mittelwerte (Patellaluxationsgruppe I: 0,83 und 0,81 mm; Gruppe II: 0,98 und 0,98 mm; Gruppe III: 0,68 und 0,73 mm). Weiterhin ähneln sich die Mittelwerte der Luxationsgruppen 0 mit 5,0-9,9 kg (1,21 mm) und III mit 10,0-19,9 kg (1,25 mm) (Tabelle 25).

Tabelle 25: Höhe des infrapatellaren medialen Kondylus (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	1,11 \pm 0,22	1,21 \pm 0,33	1,50 \pm 0,32	2,45 \pm 0,61
	Min-max	0,83-1,57	0,72-2,36	1,08-2,11	1,24-3,83
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	0,83 \pm 0,36	0,81 \pm 0,09	1,69	-
	Min-max	0,57-1,08	0,74-0,91	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	0,98 \pm 0,22	0,98 \pm 0,35	1,11 \pm 0,19	2,66 \pm 1,14
	Min-max	0,76-1,32	0,58-1,64	0,96-1,33	1,81-3,96
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	0,68 \pm 0,27	0,73 \pm 0,27	1,25 \pm 0,22	2,30 \pm 0,24
	Min-max	0,26-1,15	0,46-1,00	1,00-1,43	2,13-2,47
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	0,60 \pm 0,22	-	2,27
	Min-max	-	0,36-0,79	-	-
	n	0	3	0	1

Außer in der Gewichtsklasse 10,0-19,9 kg und >20,0 kg sind die Mittelwerte der Patellaluxationsgruppe 0 größer als bei den Tieren mit Patellaluxation. Die Patellaluxationsgruppe I stellt in der Gewichtsklasse 10,0-19,9 kg und die Luxationsgruppe II in der Gewichtsklasse >20,0 kg den höchsten Mittelwert. Mit zunehmender Patellainstabilität zeigt sich ein statistisch signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) von -0,11 mm von Luxationsgrad zu Luxationsgrad. Pro kg Körpermasse gibt es eine Zunahme der Kondylushöhe um 0,04 mm ($p < 0,001$) (Diagramm 23).

Diagramm 23: Mittelwerte und Standardabweichung der infrapatellaren medialen Kondylushöhe (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.6.5 Höhe des infrapatellaren lateralen Kondylus

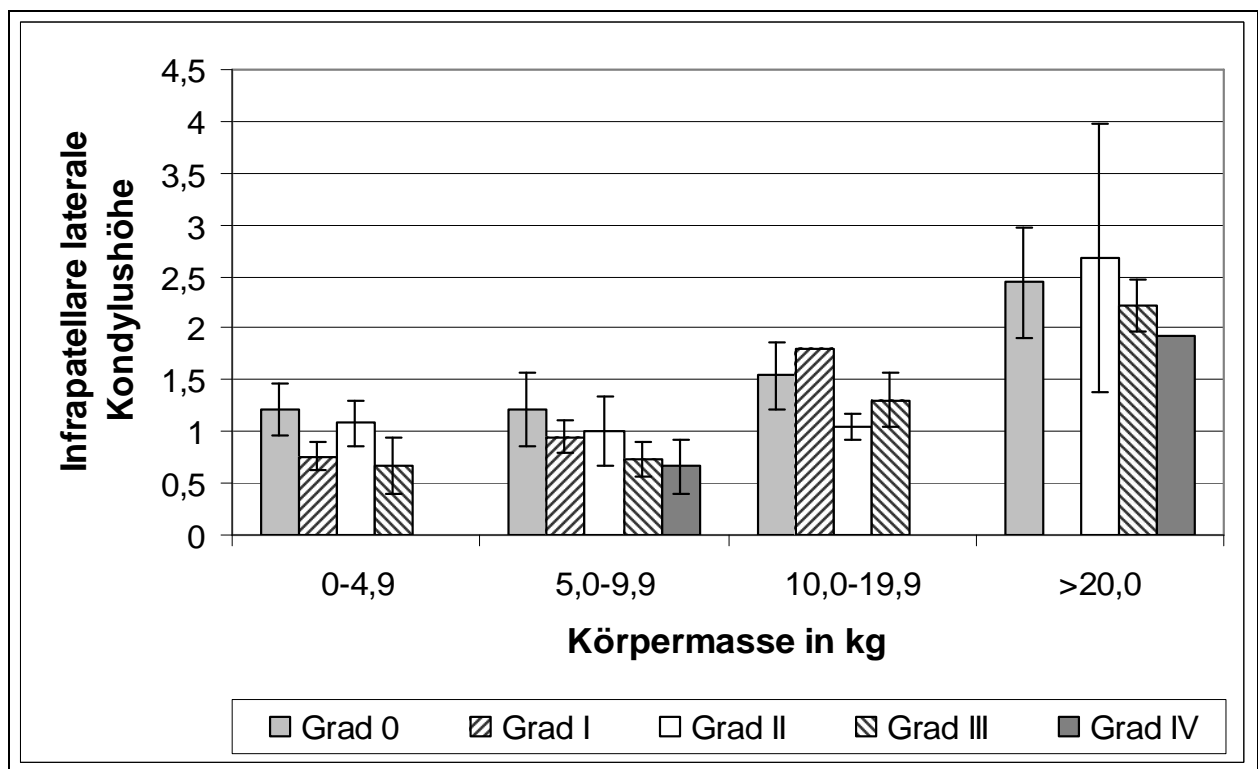
Die Werte der infrapatellaren lateralen Kondylushöhe sind den Werten der infrapatellaren medialen Kondylushöhe sehr ähnlich. Der Minimalwert kommt mit 0,26 mm aus der Gewichtsklasse 0-4,9 kg der Patellaluxationsgruppe III, der Maximalwert mit 4,17 mm aus der Gruppe II über 20,0 kg. Der kleinste Mittelwert wird in der Gruppe IV mit einem Gewicht von 5,0-9,9 kg mit 0,66 mm und der größte in der Gruppe II über 20,0 kg mit 2,68 mm beobachtet. Die größte Verteilung besitzt die Gruppe 0 mit Werten von 0,56-3,43 und überlappt durch ihre große Streuung fast alle Messwerte der anderen Untersuchungsgruppen. Ähnliche Mittelwerte liegen in folgenden Gruppen vor: 0-4,9 kg der Patellaluxationsgruppe II (0,76 mm) und 5,0-9,9 kg der Gruppe III (0,74 mm); 5,0-9,9 kg der Gruppe II (0,95 mm) und 0-4,9 kg (1,08 mm), 5,0-9,9 kg (1,00 mm) und 10,0-19,9 kg (1,05 mm) der Gruppe III sowie 0-4,9 kg der Gruppe III (0,67 mm) und 5,0-9,9 kg der Gruppe IV (0,66 mm) (Tabelle 26).

Tabelle 26: Höhe des infrapatellaren lateralen Kondylus (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert (MW; \bar{x}), Standardabweichung (Stabwa; $\pm s$), Minimum (Min), Maximum (Max), Anzahl (n) (n = 170 Knie)

Patella-luxations-grad	MW, Stabwa, Min, Max, Anzahl	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	$\bar{x} \pm s$	1,21 \pm 0,25	1,21 \pm 0,35	1,54 \pm 0,33	2,44 \pm 0,54
	Min-max	0,91-1,57	0,56-2,32	1,07-2,34	1,35-3,43
	n	9	44	18	43
I	$\bar{x} \pm s$	0,76 \pm 0,13	0,95 \pm 0,15	1,81	-
	Min-max	0,67-0,85	0,82-1,11	-	-
	n	2	3	1	0
II	$\bar{x} \pm s$	1,08 \pm 0,22	1,00 \pm 0,34	1,05 \pm 0,13	2,68 \pm 1,29
	Min-max	0,85-1,41	0,67-1,59	0,98-1,20	1,91-4,17
	n	5	11	3	3
III	$\bar{x} \pm s$	0,67 \pm 0,28	0,74 \pm 0,17	1,30 \pm 0,26	2,21 \pm 0,25
	Min-max	0,26-1,26	0,55-0,89	1,00-1,45	2,03-2,38
	n	16	3	3	2
IV	$\bar{x} \pm s$	-	0,66 \pm 0,26	-	1,92
	Min-max	-	0,36-0,84	-	-
	n	0	3	0	1

In der Gewichtsgruppe 0-4,9 kg beträgt der Mittelwert der infrapatellaren lateralen Kondylushöhe der gesunden Tiere nahezu das Doppelte des Mittelwertes der an Patellaluxation erkrankten Tiere. Die Gewichtsklassen 5,0-9,9 kg, 10,0-19,9 kg und >20,0 kg weisen insgesamt näher zusammen liegende Mittelwerte auf. Statistisch gesehen verkleinert sich mit zunehmender Patellaluxation die Höhe des Kondylus von Gruppe zu Gruppe um durchschnittlich 0,12 mm ($p < 0,001$). Gleichzeitig vergrößert sich die Höhe mit wachsendem Körpergewicht pro kg Körpermasse im Mittel um 0,04 mm ($p < 0,001$) (Diagramm 24).

Diagramm 24: Mittelwerte und Standardabweichung der infrapatellaren lateralen Kondylushöhe (in mm) in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (n = 170 Knie)



4.1.6.6 Verhältnis zwischen medialer und lateraler Kondylushöhe (infrapatellar)

Das von infrapatellar gemessene Verhältnis zwischen medialer und lateraler Kondylushöhe schwankt bei den meisten Gruppen um 1,00. Die Patellaluxationsgruppe I mit einem Gewicht von 5,0-9,9 kg weist mit 0,87 den kleinsten, die Gruppe IV mit mehr als 20,0 kg mit 1,18 den größten Wert auf.

Tabelle 27: Verhältnis zwischen medialer und lateraler infrapatellarer Kondylushöhe in Abhängigkeit von Körpermasse und Patellaluxationsgrad (Mittelwert) (n = 170 Knie)

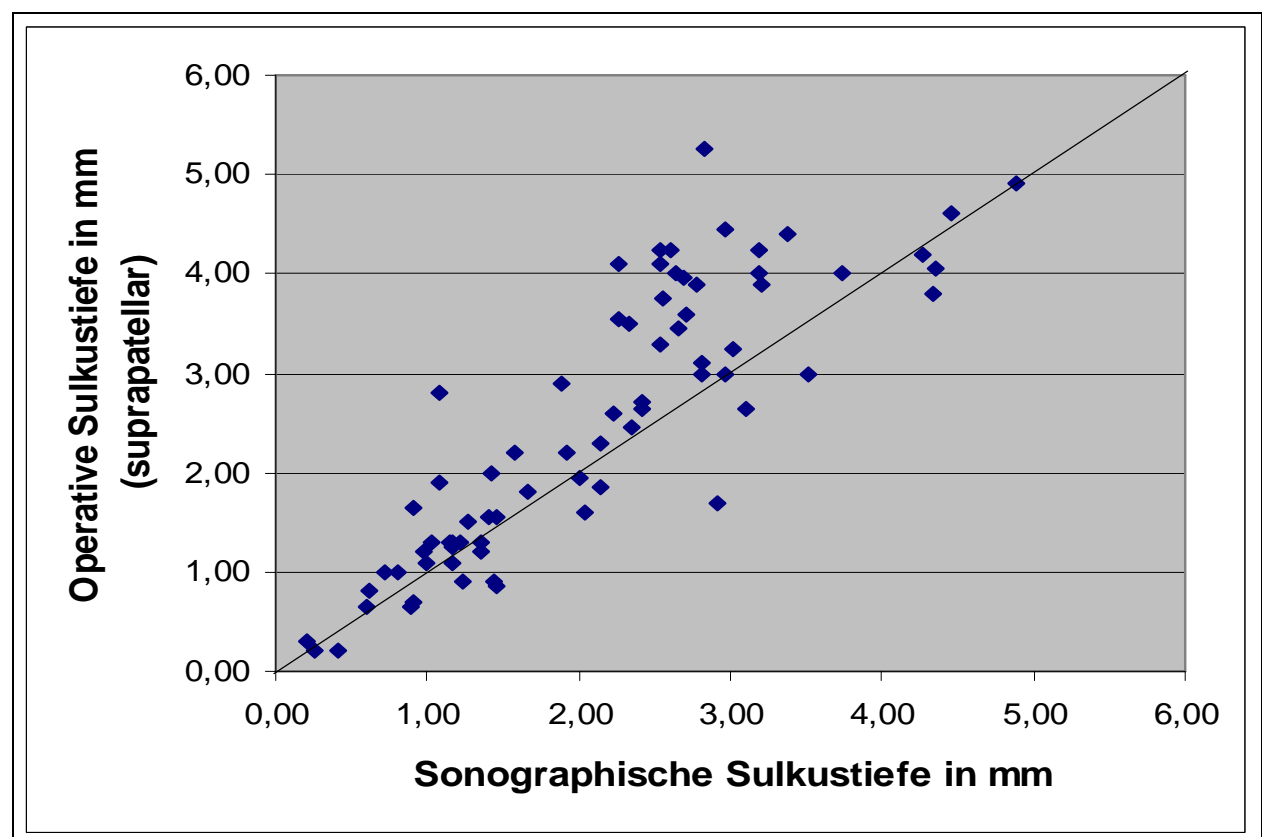
Patella-luxationsgrad	0-4,9 kg	5,0-9,9 kg	10,0-19,9 kg	>20,0 kg
0	0,94	1,01	0,98	1,00
I	1,06	0,87	0,93	-
II	0,91	0,98	1,08	1,01
III	1,03	0,98	0,97	1,05
IV	-	0,93	-	1,18

4.2 Intraoperative Messungen der Trochleatiefe

73 Hunde wurden nach der sonographischen Untersuchung operiert und es wurde mit der Schieblehre der tiefste Punkt der Trochlea ausgemessen. Von den 73 Patienten wiesen 15 eine Patellaluxation und 58 keine Patellaluxation auf.

Zwischen der sonographisch und intraoperativ gemessenen Trochleatiefe besteht, sowohl supra- als auch infrapatellar, mit $p < 0,001$ ein hochsignifikanter Zusammenhang. Der Korrelationskoeffizient liegt suprapatellar bei $r = 0,865$ und infrapatellar bei $r = 0,907$. Die sonographisch gemessene suprapatellare Trochleatiefe weicht gegenüber den Messungen intraoperativ im Mittel um 0,54 mm und die infrapatellar gemessene Tiefe um 0,39 mm nach unten ab (Diagramm 25).

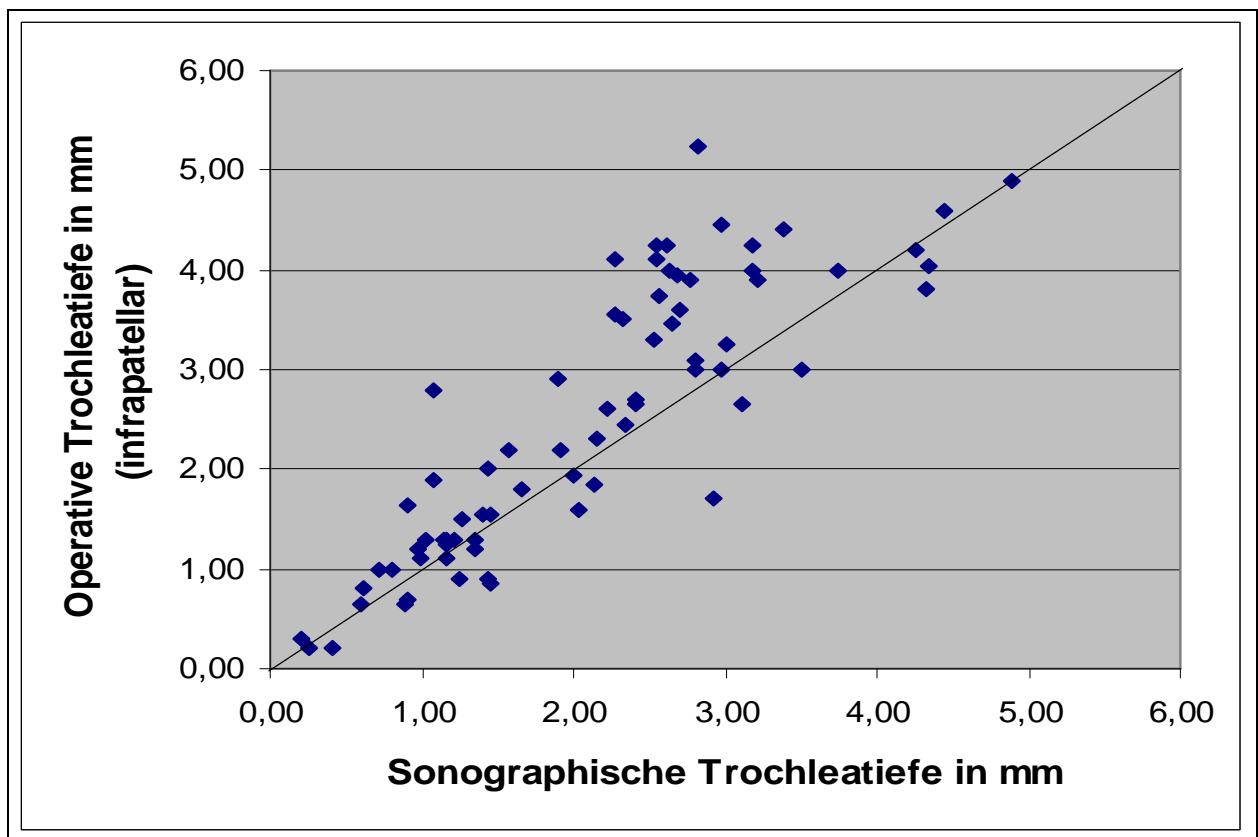
Diagramm 25: Vergleich von intraoperativ und sonographisch gemessener suprapatellarer Trochleatiefe



Dieser Unterschied der sonographischen und intraoperativen Messungen ist mit $p < 0,001$ statistisch signifikant. Bei der infrapatellar gemessenen Tiefe gibt es bei niedrigen Messwerten nahezu eine Übereinstimmung zwischen sonographischem und tatsächlichem Wert, um dann mit wachsender Tiefe zunehmend die intraoperativen Werte zu überschätzen

(Diagramm 26). Die sonographisch gemessene suprapatellare Tiefe weicht von Anfang an geringfügig von der intraoperativ gemessenen Tiefe nach unten ab, vergrößert sich allerdings auch langsam mit ansteigenden Werten.

Diagramm 26: Vergleich von intraoperativ und sonographisch gemessener infrapatellarer Trochleattiefe



5 Diskussion

5.1 Allgemeines

In der Humanmedizin wurde die Sonographie bei Patienten mit Patelladislokation das erste Mal von *Eichhorn et Weber (1987)* eingesetzt. Es folgten weitere Arbeiten von *Nietosvaara et Aalto (1993; 1997)*, *Nietosvaara, (1994)*, *Vaara et al. (1997)* und *Martino et al. (1998)*, in denen die sonographisch dargestellte Trochlea vermessen wurde. Tiermedizinische sonographische Untersuchungen der Trochlea (*Kramer et al., 1998; Kramer et al., 1999; Stengel, 1997*) befassten sich bis jetzt lediglich mit der besten Anschallung der Trochlea. Es gibt keine Studie, in der die Trochlea bei Hunden sonographisch vermessen wurde. Somit wurde die vorliegende Arbeit durchgeführt, um Normalwerte der Trochlea ossis femoris bei Hunden ohne Patellaluxation zu bestimmen und um herauszufinden, ob in der Sonographie ein Parameter existiert, der zur Einteilung der Patienten in die verschiedenen Patellaluxationsgrade geeignet ist. Bis zum jetzigen Zeitpunkt wird die Diagnose Patellaluxation und die Einteilung in die verschiedenen Patellaluxationsgrade mit Hilfe der klinisch-orthopädischen Untersuchung vorgenommen. Deren Ergebnis unterliegt demnach subjektiven Kriterien und ist in hohem Maße von der Erfahrung des Untersuchers abhängig.

5.2 Sonographische Untersuchung

Wie von den meisten Autoren in der Humanmedizin (*Grobbelaar et Bouffard, 2000; Martino et al., 1998; Nietosvaara et Aalto, 1993; Nietosvaara, 1994; 1997*) und in der Tiermedizin (*Engelke, 2001; Engelke et al., 1997; Kramer et al., 1998; Kramer et al., 1999; Stengel, 1997*) bevorzugt, wurde auch in der vorliegenden Arbeit ein Linearschallkopf zur Untersuchung des Kniegelenkes verwendet. Die Frequenzbereiche der für diese Arbeit eingesetzten Schallköpfe lag zwischen 5-10 und 6-12 MHz und entsprachen damit den Angaben in der humanmedizinischen und tiermedizinischen Literatur (*Engelke et al., 1997; Gnudi et Bertoni, 1999; Grobbelaar et Bouffard, 2000; Kramer et al., 1998; Kramer et al., 1999; Martino et al., 1998; Müller, 2002; Nietosvaara et Aalto, 1993; Nietosvaara, 1994; 1997; Reed et al., 1994; 1995; Stengel, 1997*).

In der Humanmedizin wurde die Ultraschalluntersuchung des Kniegelenkes im Hinblick auf die Patellaluxation in Rückenlage (*Nietosvaara et Aalto, 1993; Vaara, 1997*) bzw. im Sitzen des Patienten (*Nietosvaara, 1994; Nietosvaara et Aalto, 1997; Martino et al., 1998*) durchgeführt. Die Standardschnittebenen, die von der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall

in der Medizin (DEGUM) festgelegt wurden, finden bei Untersuchung der ventralen Kniegelenksabschnitte in Rückenlage statt (*Gruber et Konermann, 1997; Konermann et Gruber, 2000*). Die tiermedizinischen sonographischen Kniegelenksuntersuchungen an Hunden fanden in Seitenlage statt (*Engelke et al., 1997; Kramer, 1999; Müller, 2002; Reed et al., 1995; Stengel, 1997*). In dieser Arbeit wurden die Untersuchungen der Patienten sowohl in Rücken- als auch in Seitenlage durchgeführt. Zunächst erfolgte die Untersuchung in Rückenlage, da in dieser Position die orthograde Anschallung der Trochlea am besten gelingt. Zum Vergleich wurden danach die Patienten auch in Seitenlage geschallt. Es stellte sich heraus, dass den Patienten im wachen Zustand diese Position deutlich angenehmer war.

In Übereinstimmung mit der humanmedizinischen (*Eichhorn et Weber, 1987; Nietosvaara, 1994; Nietosvaara et Aalto, 1993; 1997; Martino et al., 1998; Vaara et al. 1997*) und tiermedizinischen Literatur (*Kramer et al., 1999; Stengel, 1997*) wurde die Trochlea im Querschnitt dargestellt.

Die Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) empfiehlt für den suprapatellaren Querschnitt die Flexion und für die übrigen Abschnitte die Extension des Kniegelenkes (*Gruber et Konermann, 1997; Konermann et Gruber, 2000*). Diese Schnittebenen wurden allerdings zur sonographischen Untersuchung auf Kreuzbandruptur und Meniskopathie entwickelt und nicht speziell für die Untersuchung auf Patelladislokation. In nur zwei humanmedizinischen Veröffentlichungen wurde im Hinblick auf die Patelladislokation die Position des Schallkopfes genau angegeben. *Eichhorn et Weber (1987)* setzten den Schallkopf distal der Patella bei verschiedenen Beugewinkeln (10, 30, 50, 70 und 90°) des Kniegelenkes auf. *Nietosvaara et Aalto (1993)* untersuchten ebenfalls distal der Patella bei 10° gebeugtem Knie. Bei wenigen Menschen gelang *Eichhorn et Weber (1987)* die Sicht auf die Trochlea von proximal der Patella, dies allerdings nur bei Kniegelenksbeugungen über 70°. In weiteren humanmedizinischen Studien wurde die Trochlea bei gestrecktem Bein (*Vaara et al., 1997*) bzw. mit einer Winkelung des Kniegelenkes von 90° (*Nietosvaara, 1994; Nietosvaara et Aalto, 1997; Martino et al., 1998*) dargestellt, ohne dass die Autoren auf die genaue Schallkopfposition eingingen.

In Übereinstimmung mit vorherigen Untersuchungen aus der Veterinärmedizin (*Kramer et al., 1999; Stengel, 1997*) wurde in dieser Arbeit die Darstellung der Trochlea bei maximal gebeugtem Gelenk und von proximal vorgenommen. Im Zuge der Voruntersuchungen bestätigte sich, dass diese Position des Kniegelenkes am besten geeignet ist, um die Trochlea von proximal einzusehen. Die extreme Beugung bewirkt einen Zug der Patella nach distal und gibt einen größtmöglichen Blick auf die Trochlea frei (*Goodfellow et al., 1976*). Im

Gegensatz zu *Stengel (1997)*, die die Trochlea auch von infrapatellar mit maximal und mit 90° gebeugtem Kniegelenk anschaltete, wurde in der vorliegenden Arbeit für diesen Schnitt die maximale Streckung des Kniegelenkes bei dem infrapatellaren Querschnitt bevorzugt. Die Patella befindet sich in dieser Position so weit wie möglich proximal und ermöglicht die Einsicht auf die Trochlea. Wie von *Johnson et al. (2001)* herausgefunden wurde, befindet sich die Patella zwar schon bei einer Streckung des Knies von 148° proximal in der Trochlea. Allerdings ist bei maximaler Extension der Gliedmaße das Ligamentum patellae stärker entspannt, so dass die Schallkopfführung einfacher gelingt. Bei Beugung gestaltete sich die Darstellung der Trochlea von infrapatellar als schwierig bis unmöglich.

Bei allen Patienten war die Darstellung der Trochlea von supra- und von infrapatellar gut möglich. Die Messungen der verschiedenen Parameter (Sulkuswinkel, Länge, Breite und Höhe der Femurkondylen), die in der Humanmedizin im Röntgen und/oder im Ultraschall durchgeführt werden, wurden in der vorliegenden Untersuchung das erste Mal bei Tieren sonographisch vorgenommen. Nur die Trochleatiefe bestimmte *Meyer 2001* bereits anhand von Röntgenbildern.

Alle Parameter wurden in dieser Arbeit an dem suprapatellaren und an dem infrapatellaren Bild der Trochlea bestimmt.

5.2.1 Sulkuswinkel

Eine flach ausgeprägte Rollfurche, d. h. ein großer Sulkuswinkel, wird von vielen Autoren als wichtige Ursache für die Patellaluxation des Hundes genannt (*Bonath et Prieur, 1998; Hulse, 1981; Loeffler, 1961; Read, 1999, Roush, 1993; Shuttleworth, 1935*). Die mittlere, minimale und maximale Größe des sowohl suprapatellar als auch infrapatellar gemessenen Sulkuswinkels in den verschiedenen Gewichtsklassen der Hunde ohne Patellaluxation korrelierte sehr eng mit den Winkelgrößen, die in humanmedizinischen radiologischen Studien bei gesunden Erwachsenen gefunden wurden (*Aglietti et Insall, 1983; Beaconsfield et al., 1994; Brattström, 1963; 1964; Dowd et Bentley, 1986; Merchant, 1974*).

Verglichen mit den Ergebnissen aus sonographischen humanmedizinischen Arbeiten (*Nietosvaara et Aalto, 1993; 1997*) wiesen in der vorliegenden Arbeit der mittlere Sulkuswinkel bei gesunden Hunden suprapatellar und infrapatellar von 5,0-9,9 kg und suprapatellar von 0-4,9 kg Körpermasse und die Minima und Maxima aller Gewichtsklassen eine annähernde Übereinstimmung mit dem Sulkuswinkel bei gesunden Menschen auf. Die Hunde aus den übrigen Gewichtsklassen zeigten kleinere Winkel als die gesunden Probanden

aus der Studie von *Nietosvaara et Aalto (1993; 1997)*, d. h. sie wiesen einen spitzeren Winkel auf als der gesunde Mensch.

In einer Untersuchung von *Martino et al. (1998)* lagen die gefundenen Normalwerte für den Sulkuswinkel (Mittelwert, Minimum und Maximum) deutlich niedriger als in den Untersuchungen von *Nietosvaara et Aalto (1993; 1997)*. Mit einem Mittelwert von 132° entsprach der Sulkuswinkel nahezu dem hier festgestellten Mittelwert des suprapatellaren und infrapatellaren Sulkuswinkels bei gesunden untersuchten Hunden über 20,0 kg Körpermasse ($133,0$ bzw. $134,4^\circ$). Der von *Martino et al. (1998)* festgestellte Minimalwert von 124° glich dem entsprechenden Wert in der hier untersuchten Kontrollgruppe, der Maximalwert von 142° war niedriger als in der vorliegenden Studie.

Die von *Nietosvaara et Aalto (1993; 1997)* bei Kindern mit Patelladislokation festgestellten Mittelwerte, Minima und Maxima lagen deutlich über den Werten, die bei Hunden mit Patellaluxation gemessen wurden. Demzufolge waren die Unterschiede im Sulkuswinkel zwischen gesunden und kranken Tieren geringer als zwischen gesunden und kranken Menschen.

Insgesamt ist der Vergleich von Mensch und Hund schwierig. Zum einen, da der Hund im Gegensatz zum Menschen einen „four wheel drive“ besitzt. Zum anderen, da in keiner der humanmedizinischen Studien eine Einteilung in Gewichtsklassen oder in Patellaluxationsgruppen erfolgte, wie das in der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurde.

Die gesunde Kontrollgruppe wies sowohl suprapatellar als auch infrapatellar außer in jeweils zwei Gruppen den kleinsten mittleren Sulkuswinkel auf. Die Ausnahmen suprapatellar wurden von einer Gruppe mit nur einem Hund und von einer Gruppe mit zwei Hunden gebildet. Infrapatellar besaß eine Gruppe mit zwei und die andere Gruppe mit drei Hunden einen kleineren Sulkuswinkel. Diese Gruppen kamen aus den Gewichtsklassen über 10,0 kg während die meisten Patellaluxationen bei kleinen Hunderassen vorliegen. Dieses Ergebnis sollte mit mehr großen Hunden mit Patellaluxation überprüft werden. Für die Einteilung der kleinen Hunde mit Patellaluxation ist dieses Ergebnis vielversprechend. Es sollten kleine Hunde mit Patellaluxation nach den erarbeiteten Werten eingeteilt werden, um die vorliegenden Ergebnisse zu bestätigen und sie folglich auf ihre Praxistauglichkeit hin zu überprüfen.

5.2.2 Sulkusbreite

Weder in der Humanmedizin noch in der Tiermedizin wurde bisher die Sulkusbreite beurteilt. Bis zu einer Körpermasse von 9,9 kg war die mittlere Breite des Sulkus bei gesunden Hunden größer als bei Hunden mit Patellaluxation, d. h. bei den Tieren mit Patellaluxation war die Trochlea schmaler ausgebildet als bei gesunden Tieren. Mit diesem Ergebnis wurde sonographisch verifiziert, dass bei Hunden mit Patellaluxation die Trochlea kleiner ausgebildet ist als bei gesunden Tieren (*Bonath et Prieur, 1998; Hulse, 1981; Loeffler, 1961; Read, 1999, Roush, 1993; Shuttleworth, 1935*). Bei den Hunden über 10,0 kg Körpermasse gab es sowohl supra- als auch infrapatellar jeweils nur zwei Patellaluxationsgruppen die einen breiteren Sulkus aufwiesen als die gesunde Kontrollgruppe. Beide Gruppen bestanden nur aus einem Patienten. Ähnlich wie bei dem Sulkuswinkel sind hier weitere Untersuchungen notwendig.

5.2.3 Trochleattiefe

Bei *Malghem et Maldague (1989)* wurde die Trochleattiefe an 2 Punkten (proximal und medial) auf der latero-lateralen Röntgenaufnahme bestimmt. Die proximale mittlere Trochleattiefe lag bei den Probanden ohne Patellaluxation bei 5,84–5,94 mm und medial bei 6,83–7,77 mm, bei den Patienten mit Patellaluxation proximal bei 2,74–3,83 mm und medial bei 5,55–5,65 mm. In der vorliegenden Untersuchung war die Tiefe der Trochlea sowohl bei gesunden als auch bei Hunden mit Patellaluxation deutlich geringer ausgeprägt.

Martino et al. (1998) gaben für gesunde Menschen eine sonographisch ermittelte mittlere Trochleattiefe von 5,6 mm an. Dies wich stark von den Werten ab, die in der vorliegenden Untersuchung gefunden wurden. Nur die maximale Tiefe der humanen Trochlea von 6,5 mm kam der maximalen Trochleattiefe gesunder Hunde über 20,0 kg nahe (suprapatellar 4,89 mm und infrapatellar 4,14 mm). Insgesamt ist der Vergleich zwischen Mensch und Hund als sehr schwierig anzusehen, da sich der Körperbau grundlegend unterscheidet. Weiterhin wurden in der humanmedizinischen Arbeit Erwachsene untersucht, deren Gewicht und deren Gelenkgröße das der hier untersuchten Hunde um ein Vielfaches übersteigen.

Meyer (2001) ermittelte bei 24 gesunden Hunden die proximale, zentrale und distale Trochleattiefe an Röntgenbildern. Im Gegensatz dazu wurden in der vorliegenden Arbeit 114 Kniegelenke ohne Patellaluxation an zwei verschiedenen Messpunkten untersucht: suprapatellar und infrapatellar. Ziel dieser beiden Lokalisationen war es, die Trochlea möglichst an ihrem tiefsten Punkt darzustellen. Deshalb wurden sowohl die suprapatellare als auch die infrapatellare Trochleattiefe der vorliegenden Arbeit mit der von *Meyer (2001)*

gemessenen zentralen Trochleatiefe verglichen. Sowohl die proximale als auch die distale Trochleatiefe von *Meyer (2001)* liegen zu weit oberhalb bzw. unterhalb der Patella, um mit der suprapatellaren bzw. infrapatellaren Messung dieser Arbeit übereinstimmen zu können.

Bei dem Vergleich der suprapatellaren mit der zentralen Trochleatiefe bei gesunden Hunden fiel auf, dass die Mittelwerte der Gewichtsgruppen (0-5,9 kg, 6-11,9 kg und >24 kg) von *Meyer (2001)* bzw. der vorliegenden Untersuchung (0-4,9 kg, 5,0-9,9 kg und > 20,0 kg) nahe beieinander liegen. Ähnlich sah es bei den Minimalwerten der beiden niedrigsten Gewichtsklassen sowohl von *Meyer (2001)* als auch bei dieser Studie aus. Die Maximalwerte aller Gewichtsklassen und der Minimalwert der größten Gewichtsklasse unterschieden sich von der zentralen Trochleatiefe von *Meyer (2001)*. Ein Vergleich in der mittleren Gewichtsklasse war nicht möglich, da *Meyer (2001)* Hunde bis 11,9 kg und ab 24 kg untersucht hat. Ähnliche Übereinstimmungen und Abweichungen traten beim Vergleich der infrapatellaren Trochleatiefe mit der zentralen Trochleatiefe auf. Dies lässt sich durch die große Ähnlichkeit der suprapatellaren und infrapatellaren Trochleatiefe erklären. Suprapatellar und infrapatellar wies die schwerste Gewichtsgruppe genau wie in der Untersuchung von *Meyer (2001)* die größte Trochleatiefe auf. Anders als bei *Meyer (2001)* zeigte sich in der vorliegenden Arbeit ein statistisch signifikanter Unterschied der Trochleatiefe mit steigendem Körpergewicht.

Die Einteilung der Hunde mit Patellaluxation erfolgte in der Untersuchung von *Meyer (2001)* nach unilateral oder bilateral vorliegender Patellaluxation und nicht, wie bei den Hunden ohne Patellaluxation in die verschiedenen Gewichtsklassen. In der vorliegenden Arbeit wurden sowohl die Hunde mit als auch die ohne Patellaluxation in die verschiedenen Patellaluxationsgrade 0-IV und in Gewichtsklassen eingeteilt. Aus diesen Gründen ist der Vergleich der vorliegenden Ergebnisse bei den Hunden mit Patellaluxation mit den Ergebnissen der Studie von *Meyer (2001)* nicht möglich.

Ähnlich wie bei der Sulkusbreite war die Trochlea bei gesunden Hunden bis zu einem Gewicht von 10,0 kg tiefer als bei Hunden mit Patellaluxation. Das heißt, wie in der Literatur (*Bonath et Prieur, 1998; Hulse, 1981; Loeffler, 1961; Read, 1999, Roush, 1993; Shuttleworth, 1935*) beschrieben, weisen kleine Hunde mit Patellaluxation eine hypoplastische Trochlea auf. In der Gewichtsgruppe über 10,0 kg zeigten z. T. die Hunde mit Patellaluxation eine tiefere Trochlea als die Kontrollgruppe. Allerdings besteht die Gruppe „Krank“ der Hunde über 10,0 kg nur aus 13 Kniegelenken, da große Hunde nur selten Patellaluxationen aufweisen. Die Gruppe „Gesund“ über 10,0 kg besteht aus 61

Knien Gelenken. Es sollten weitere Untersuchungen mit einer größeren Anzahl großer Hunde mit Patellaluxation durchgeführt werden, damit eine bessere Aussage getroffen werden kann.

5.2.4 Länge des Kondylus

Die Längen des medialen und lateralen Kondylus, sowohl von suprapatellar als auch von infrapatellar gemessen, zeigten ähnliche Werte. Bis zu einem Gewicht von 10,0 kg Körpermasse wiesen gesunde Hunde eine größere mittlere Kondyluslänge auf als Hunde mit Patellaluxation. Bei der Länge des lateralen Kondylus zeigte nur ein Tier infrapatellar bzw. zwei Hunde suprapatellar mit Patellaluxation einen längeren mittleren Kondylus auf. Alle drei Hunde kamen aus den Gewichtsgruppen über 10,0 kg. In der Gruppe der medialen Kondyluslänge gab es bei den Hunden mit Patellaluxation 8 Hunde suprapatellar und 5 Hunde infrapatellar von insgesamt 13 Hunden mit Patellaluxation, die einen größeren Mittelwert hatten als die Kontrollgruppe. Wiederum besaßen diese Hunde ein Körpergewicht über 10,0 kg.

Das könnte daran liegen, dass ab einem Gewicht von 10,0 kg nicht mehr die Form der Trochlea ausschlaggebend für die Patellaluxation ist, sondern weitere Faktoren wie Coxa vara, Genu varum, Medialverlagerung des Musculus quadriceps, Verlagerung der Tuberositas tibiae nach medial und Schrägstellung der Trochlea (*Bonath et Prieur, 1998; Hulse, 1981; Loeffler, 1961; Read, 1999, Roush, 1993; Shuttleworth, 1935*) einen großen Einfluss haben. Es bestand ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Patellaluxationsgruppen und Gewichtsklassen, wobei sich jedoch die Minimal- und Maximalwerte in den verschiedenen Patellaluxationsgruppen überschneiden, d. h. die Einteilung in eine konkrete Luxationsgruppe anhand dieses einen Parameters ist sonographisch allein schwierig.

5.2.4.1 Verhältnis zwischen medialer und lateraler Kondyluslänge

Wenn beim Menschen eine Patellaluxation vorliegt, so handelt es sich meist um eine Luxation nach lateral (*Eilert, 2001; Memminger, 2001*). Der laterale Kondylus des Femur ist bei gesunden Menschen der höchste Punkt am distalen Ende des Femur und wirkt so der lateralen Patelladislokation, wie die Patellaluxation beim Menschen genannt wird, entgegen (*Eilert, 2001*). Nach *Beaconsfield et Pintore (1994)* liegt bei Menschen mit Patelladislokation das Verhältnis lateraler zu medialer Kondyluslänge bei mehr als 1,7. Das Ergebnis von *Beaconsfield et Pintore (1994)* zeigt kritisch betrachtet, dass bei einem Verhältnis von 1,7 der laterale Kondylus länger ist als der mediale und damit die Patelladislokation erschwert sein

müßte. Die Autoren dieser Studie geben keine Meßwerte an oder erklären, wie sie auf das Verhältnis von 1,7 kommen. Es ist demzufolge nicht nachvollziehbar, warum bei Patienten mit Patelladislokation dieses Verhältnis vorliegt. Bei Hunden hingegen ist der mediale Kondylus etwas größer als der laterale (*Nickel et al., 2001*). In Anlehnung an die Untersuchung von *Beaconsfield et Pintore (1994)* wurde in der vorliegenden Untersuchung das Verhältnis der medialen Kondyluslänge zur lateralen und nicht der lateralen zur medialen berechnet. Es sollte demzufolge ein Verhältnis <1 bei Patienten mit Patellaluxation, d. h. der mediale Kondylus ist kürzer als der laterale, und >1 bei Patienten ohne Patellaluxation, d. h. der mediale Kondylus ist länger als der laterale, auftreten. In der vorliegenden Arbeit schwankte das Verhältnis bei gesunden Hunden um den Wert 1, d. h. lateraler und medialer Kondylus waren annähernd gleich lang. Dies steht im Widerspruch zu den Angaben von *Nickel et al. (2001)*, in denen der mediale Kondylus länger ist als der laterale. Bei den Patellaluxationsgruppen III und IV bestätigte sich die Annahme, dass bei Hunden mit Patellaluxation das Verhältnis kleiner 1 sein sollte. Ausnahme bildete suprapatellar die Gewichtsgruppe größer 20,0 kg der Patellaluxationsgruppe IV. Diese Gruppe bestand nur aus einem Hund, da die mediale Patellaluxation bei großen Hunden die seltenere Luxationsform ist. Weitere Untersuchungen mit mehr Tieren in dieser Gruppe sind für eine gesicherte Aussage notwendig.

Das Verhältnis bei den niedrigen Gewichtsgruppen der Patellaluxationsgruppen I und II lag knapp über dem Wert 1. Das heißt, wie in der Gruppe „Gesund“ ist der mediale Kondylus stärker ausgeprägt als der laterale. Insgesamt waren die Schwankungen um den Wert 0 sehr gering (0,79-1,16), so dass anhand des Verhältnisses medialer zu lateraler Kondyluslänge die Einteilung in die verschiedenen Patellaluxationsgruppen schwierig erscheint. Allerdings ließ sich bei den schweren Formen der Patellaluxation (Grad III und IV) der Trend zu einem kürzerem medialen Kondylus erkennen.

5.2.5 Breite des Kondylus

Bei einem Teil der Patienten war es schwierig, die Breite der Kondylen korrekt auszumessen, da der äußerste Punkt des lateralen bzw. medialen Kondylus aufgrund des lateral shadowing Artefaktes nicht weit genug „nach unten reichte“ und damit die Parallele zur Sulkusbreite keinen Schnittpunkt mit dem lateralen bzw. medialen Kondylus aufwies. Um die Breite des Kondylus ausmessen zu können, wurde in diesen Fällen der Verlauf des lateralen bzw. medialen Kondylus über den abgebildeten Bereich hinaus fortgeführt.

Im Gegensatz zu der Studie von *Vaara et al. (1997)* wurde die Breite des lateralen bzw. medialen Kondylus nicht an nur einem Querschnittsbild sondern sowohl von suprapatellar als auch von infrapatellar bestimmt. Die vorliegende Arbeit macht anders als *Vaara et al. (1997)* genaue Angaben zur Schallkopfposition. In jedem suprapatellarem und infrapatellarem Schnittbild ist im Sulkusgrund der Knorpel sichtbar und damit ist, wie von *Eichhorn et Weber (1987)* festgestellt, die Position des Schallkopfes reproduzierbar. Es zeigten sich Unterschiede zwischen den Messungen bei Hunden und bei Menschen. In der humanmedizinischen Studie von *Vaara et al. (1997)* wies der laterale Kondylus bei Patienten mit diastrophischer Dysplasie des Kniegelenkes eine Breite zwischen 13-30,4 mm und der mediale zwischen 16,5-32,3 mm auf. Die „kranken“ Hunde hatten suprapatellar lateral eine Kondylusbreite zwischen 2,25 und 11,22 mm, suprapatellar medial zwischen 2,32 und 10,93, infrapatellar lateral zwischen 2,03 und 10,48 sowie infrapatellar medial zwischen 2,50 und 10,01 mm. Das heißt, die Kondylenbreite der schweren Hunde mit Patellaluxation entspricht annähernd den Minimalwerten der Menschen. Hier macht sich wiederum der Gewichtsunterschied zwischen Mensch und Hund bemerkbar. Die Patienten von *Vaara et al. (1997)* mit diastrophischer Dysplasie des Kniegelenkes zeigten im Unterschied zu dieser Arbeit eine signifikant geringere Breite des lateralen Kondylus im Vergleich zu dem medialen Kondylus. In der vorliegenden Arbeit gab es sowohl lateral als auch medial kaum Unterschiede zwischen den Breiten der Kondylen. Dies zeigte, ähnlich wie bei der hier untersuchten Kondyluslänge, dass in der vorliegenden Arbeit der laterale und mediale Kondylen bei Hunden mit und ohne Patellaluxation gleich stark ausgeprägt sind.

Wie bei den vorher besprochenen Parametern zeigte die Kontrollgruppe bis zu einem Gewicht von 10,0 kg einen breiteren mittleren Kondylus als die Hunde mit Patellaluxation. Über 10,0 kg lagen wenige Hunde mit Patellaluxation über den Werten der Kontrollgruppe. Es fällt auf, dass es sich immer wieder um die gleichen Hunde mit Patellaluxation handelt, die größere Werte als die Kontrollgruppe aufwiesen. Dies war zum einen der Hund aus der Patellaluxationsgruppe I mit einem Gewicht von 10,0-19,9 kg und zum anderen der Hund aus der Patellaluxationsgruppe IV mit einem Gewicht >20,0 kg. Weitere Untersuchungen müssen zeigen, ob es sich bei diesen Hunden um sogenannte „Ausreisser“ handelt.

5.2.6 Höhe des Kondylus

Die verschiedenen gemessenen Höhen der Kondylen (suprapatellar und infrapatellar, lateral und medial) ähnelten sich sehr stark. Sie wiesen deutlich kleinere Werte auf, als die in der humanmedizinischen Untersuchung von *Vaara et al. (1997)* gemessenen. *Vaara et al. (1997)*

hatte bei Patienten mit diastrophischer Patelladysplasie für den medialen Kondylus einen Mittelwert von 6,0 mm mit einem Minimalwert von 2,8 mm und einem Maximalwert von 20,1 mm, für den lateralen Kondylus einen Mittelwert von 4,2 mm, minimal 0,9 mm und maximal 17,7 mm gemessen. In der vorliegenden Arbeit lagen die Minimal- und Maximalwerte der Kondylushöhe bei Tieren mit Patellaluxation zwischen 0,09 und 3,96 mm. Ähnlich wie bei der Kondylusbreite entsprach der Minimalwert beim Mensch nahezu dem Maximalwert bei Hunden mit Patellaluxation. Wie bei der Trochleatiefe diskutiert, können Mensch und Hund nur bedingt mit einander verglichen werden.

In der Untersuchung von *Vaara et al. (1997)* wird nur angegeben, dass der Patient sich in Rückenlage befindet und der Schallkopf auf das gestreckte Bein im Querschnitt aufgesetzt wird. Im Gegensatz dazu untersuchte die vorliegende Arbeit die Höhe des Kondylus sowohl proximal (suprapatellar) als auch distal (infrapatellar) der Patella. Der Schallkopf wurde, wie bei *Eichhorn et Weber (1987)* angegeben, so angekoppelt, dass der Knorpel im tiefsten Punkt des Sulkus gut sichtbar war. Laut den beiden Autoren (*Eichhorn et Weber, 1987*) ist dies eine definierte Schallkopfposition, da schon bei geringer Veränderung der Knorpel nicht mehr deutlich sichtbar ist. Daher und um eine Ankopplung zu ermöglichen, wurde in dieser Untersuchung der Schallkopf häufig nicht senkrecht sondern schräg zur Gliedmaßenachse aufgesetzt. Dies hatte zur Folge, dass bei unterschiedlich stark ausgeprägten Kondylen der niedrigere Kondylus höher und der höhere niedriger dargestellt wird. In der Studie von *Vaara et al. (1997)* wurden diese Probleme nicht beschrieben.

Nietosvaara et Aalto (1993) haben genau wie *Vaara et al. (1997)* und im Gegensatz zu der vorliegenden Untersuchung die Höhe des lateralen Femurkondylus nur an einer Position bestimmt. Anders als bei den hier untersuchten Hunden fanden *Nietosvaara et Aalto (1993)* keinen Unterschied zwischen der Höhe des Kondylus bei gesunden und an Patellaluxation erkrankten Menschen.

5.2.6.1 Verhältnis zwischen medialer und lateraler Kondylushöhe

Das von *Brattström (1963)* aufgestellte normale Verhältnis der Höhen beider Kondylen zueinander (lateral zu medial) sollte in der Humanmedizin 2:1 betragen, d. h. der laterale Kondylus soll doppelt so hoch ausgeprägt sein wie der mediale. Übertragen auf die Tiermedizin und die hier erörterte mediale Patellaluxation wurde überprüft, ob sich der mediale Kondylus größer darstellt als der mediale. In der Gruppe der gesunden Kontrolltiere lagen im Mittel die Verhältnisse sonographisch zwischen 0,94 und 1,01, d. h. der mediale Kondylus ist geringfügig kleiner bzw. genauso stark ausgeprägt wie der laterale. Dies steht

im Gegensatz zu den Angaben von *Nickel et al. (2001)*, wo der mediale Kondylus bei gesunden Hunden stärker ausgeprägt ist als der laterale.

In der Literatur ist angegeben, dass eine Hypoplasie des medialen Kondylus vorliegt (*Bonath et Prieur, 1998; Hulse, 1981; Loeffler, 1961; Read, 1999, Roush, 1993; Shuttleworth, 1935*), was in der vorliegenden Arbeit nur zum Teil bestätigt werden konnte. Bei den Tieren mit medialer Patellaluxation lagen die Verhältnisse der medialen zur lateralen Kondylushöhe zwischen 0,87 und 1,31, d. h. bei einem Teil der Tiere war der mediale Kondylus niedriger, bei dem anderen Teil höher als der laterale Kondylus.

5.3 Intraoperative Messungen der Trochleattiefe

Der Vergleich von sonographisch und intraoperativ bestimmter Trochleattiefe zeigte, dass die Messungen an den Ultraschallbildern zuverlässig waren. Die etwas niedrigeren Werte der sonographisch bestimmten Tiefe lassen sich dadurch erklären, dass der tiefste Punkt der Trochlea im Schallschatten der Patella liegt und damit trotz Beugung und Streckung der Gliedmaße nicht dort gemessen werden konnte. Die Unterschätzung wurde umso größer, je tiefer die Trochlea wurde, d. h. je größer und schwerer die Hunde waren. Die sonographische Messung der Trochleattiefe wies in dieser Studie eine ähnlich gute Übereinstimmung (suprapatellar: $r=0,865$; infrapatellar: $r=0,907$) mit der intraoperativ bestimmten Trochleattiefe auf wie bei der Untersuchung von *Meyer (2001)*, in der die röntgenologisch bestimmte Trochleattiefe mit der intraoperativ gemessenen verglichen wurde. In der Studie von *Meyer (2001)* lag der Korrelationskoeffizient bei $r=0,94425$.

5.4 Schlussfolgerung

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine grundlegende Studie, bei der bis auf die Messung der Trochleattiefe alle Vermessungen der Trochlea das erste Mal bei Hunden durchgeführt wurden. Es wurden Normalwerte für Hunde ohne Patellaluxation und Werte für Hunde mit Patellaluxation aufgestellt. Bei allen untersuchten Messungen bestand nachweislich ein statistisch signifikanter Unterschied sowohl zwischen den einzelnen Patellaluxationsgruppen als auch zwischen den unterschiedlichen Gewichtsgruppen. Diese Unterschiede befanden sich aufgrund der Kleinheit des untersuchten Gelenkes mit zunehmendem Schweregrad der Patellaluxation im Zehntel Millimeter Bereich bzw. bei 1-2 Grad. Die Untersuchung zeigt, dass es häufig zu einer Überlappung der Minimal- und Maximalwerte in den einzelnen Patellaluxations- und Gewichtsgruppen kommt. Bei den

Mittelwerten weist die gesunde Kontrollgruppe meist größere Werte auf als die Tiere mit Patellaluxation, ausgenommen bei den Sulkuswinkeln. Liegt bei den Patellaluxationsgruppen der Mittelwert eines Parameters über dem Wert der Vergleichsgruppe, so ist dies meist eine Gruppe, die nur aus wenigen Hunden besteht. Damit ist das Ergebnis dieser Studie vielversprechend. Es muss durch die weitere Untersuchung und Einteilung von anderen Hunden mit Patellaluxation nach den vorhandenen Ergebnissen überprüft werden.

Die Einteilung in die einzelnen Patellaluxationsgruppen erfolgte nach dem Schweizer Modell, welches auf den grundlegenden Untersuchungen von *Putnam (1968)* aufbaut. Die Einteilung in das quantitative Merkmal Körpermasse erfolgte willkürlich, um eine bessere Übersicht über die Daten zu bekommen. Es wurden anfangs kleinere Gewichtsgruppen gewählt, da zum einen die Patellaluxation bei kleineren Hunden häufiger vorkommt (*Priester, 1972; Schäfer, 1983*) und zum anderen ein großer Unterschied zwischen z. B. einem Yorkshire Terrier und einem Border Terrier besteht. In den höheren Gewichtsklassen sind die Abstufungen größer gewählt, da die Patellaluxation bei großen Hunden seltener vorkommt und der Größenunterschied der einzelnen Hunderassen untereinander nicht mehr eine so große Rolle spielt. Durch die Einteilung der fünf Patellaluxationsgrade (0-IV) in die verschiedenen Gewichtsgruppen gibt es eine Unterteilung in insgesamt 20 Untergruppen. Besonders bei den weniger häufig vorkommenden Patellaluxationsgruppen, z. B. bei den Hunden mit Patellaluxation über 20,0 kg, sind sehr kleine Gruppen entstanden. Aus diesem Grund sollten weitere Untersuchungen mit mehr Hunden folgen, um zu bestätigen, ob anhand dieser gewählten Unterteilung (Gewichtsgruppen) und der insgesamt 18 untersuchten Parameter eine genaue Einteilung in die verschiedenen Patellaluxationsgruppen erfolgen kann. Weiterhin sollten mehr Normwerte bei den Hunden mit Patellaluxation gewonnen werden, damit die Genauigkeit der bisher gewonnenen Daten erhöht wird.

Die sonographische Kniegelenksuntersuchung macht Veränderungen an der Trochlea sichtbar, standardisierte Schnitte können auf Bildern dokumentiert werden und sind reproduzierbar. Somit stellt diese Untersuchungsmethode eine objektive Technik dar. Es ist eine wichtige Ergänzung zu dem bis jetzt vorhandenem klinisch-orthopädischen Untersuchungsgang. Mit Hilfe der Sonographie können die Form und Tiefe der Trochlea im Gegensatz zum Röntgen ohne Strahlenbelastung und ohne Narkose bestimmt werden. So lassen sich im Vorhinein die operativen Massnahmen zur Beseitigung der Patellaluxation planen. Auch der Operationserfolg ist mit Hilfe der Sonographie ohne Röntgenstrahlen und ohne Anästhesie überprüfbar und kann dokumentiert werden.

Der Vergleich Mensch – Hund ist schwierig, v. a. wegen des erheblichen Größen- und Gewichtsunterschiedes. In keiner Studie in der Humanmedizin wurde auf diese Faktoren eingegangen, es erfolgt lediglich eine Einteilung in Kinder und Erwachsene (*Nietosvaara et Aalto, 1993; 1997*). Außerdem differiert das Gangbild, da der Mensch sich auf zwei Beinen und der Hund sich auf vier Gliedmassen fortbewegt. Die Einteilung in die verschiedenen Patellaluxationsgrade gibt es nur in der Tiermedizin. In der Humanmedizin wird lediglich festgestellt, ob eine Patellaluxation vorliegt oder nicht. Abgesehen davon kommt es in der Humanmedizin meist zu einer Luxation nach lateral (*Eilert, 2001; Memminger, 2001*), in der Tiermedizin liegt die Luxation häufig nach medial (*Roush, 1993*) vor. Trotzdem gleichen sich beim Sulkuswinkel die Werte von gesunden Menschen und Tieren. Nur bei Kindern weicht der Sulkuswinkel von den Ergebnissen der hier untersuchten Hunde ab. Die sonographisch festgestellte Trochleatiefe ist beim Hund geringer ausgeprägt als die beim Mensch radiologisch bestimmte. Wohingegen die sonographisch ermittelte Trochleatiefe beim Menschen und beim Hund über 20,0 kg Körpermasse nahezu übereinstimmt. Ähnlich ist es bei der Kondylusbreite: bei großen Hunden mit Patellaluxation gleichen die Werte denen von Menschen, die an Patellaluxation erkrankt sind. Abweichungen treten bei dem Verhältnis mediale zu laterale Kondyluslänge und –höhe auf. Dies zeigt, dass die grundlegende Anatomie des Kniegelenkes übereinstimmt, aber durch die oben genannten Gründe ein Vergleich Mensch – Hund nur sehr eingeschränkt möglich ist.

6 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit der sonographischen Darstellbarkeit und Vermessung der Trochlea ossis femoris bei gesunden und bei an Patellaluxation erkrankten Hunden. Ziel war es, Normalwerte sowohl bei gesunden Hunden als auch bei Patienten mit Patellaluxation herauszufinden. Weiterhin sollte festgestellt werden, inwieweit eine Einteilung in die verschiedenen Patellaluxationsgrade mit Hilfe der Messungen gelingt.

Die Untersuchungen wurden mit zwei verschiedenen Geräten (Ultramark 9 HDI der Firma ATL und Powervision 8000 der Firma Toshiba) und zwei verschiedenen Linearsonden durchgeführt. Die Frequenz betrug bei dem Linearschallkopf der Firma ATL 5-10 MHz und bei dem Schallkopf der Firma Toshiba 6-12 MHz. Beide Schallköpfe stellten die Frequenz abhängig von der verwendeten Tiefe selbständig ein.

Zunächst wurde die Trochlea ossis femoris an fünf euthanasierten, kniegesunden Hunden sonographisch untersucht. Anschließend wurde das Kniegelenk dieser Hunde freipräpariert, die einzelnen Kniegelenksstrukturen im Wasserbad geschallt und die Tiefe der Trochlea ossis femoris mit Hilfe einer Schieblehre bestimmt.

Die Hauptuntersuchung fand an 170 Hundekniegelenken statt, wobei 114 Kniegelenke ohne Patellaluxation und 56 Knie mit Patellaluxation untersucht wurden. Im Hinblick auf die Patellaluxation stellte sich heraus, dass der suprapatellare und infrapatellare Querschnitt des Sulcus trochlearis von besonderer Wichtigkeit waren. Suprapatellar wurde das Kniegelenk in maximaler Flexion und infrapatellar in maximaler Extension geschallt. Bei allen Patienten konnte die Trochlea so gut dargestellt werden. An beiden Schnittbildern wurden jeweils die folgenden 9 Messungen durchgeführt: der Sulkuswinkel, die Sulkusbreite, die Trochleatiefe, die Länge, die Breite und die Höhe des medialen und lateralen Kondylus. Die Messung der Kondylusbreite bereitete bei einzelnen Patienten Probleme, da bei diesen Patienten die Außenlinie des lateralen oder medialen Kondylus nicht weit genug nach distal reichte. In diesen Fällen wurde der Verlauf der Linie fortgeführt und ein imaginärer Schnittpunkt gebildet. Alle anderen Parameter ließen sich ohne Schwierigkeiten messen.

Für jeden untersuchten Parameter wurde überprüft, ob ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Patellaluxationsgruppen besteht. Es zeigte sich, dass einerseits mit zunehmendem Patellaluxationsgrad die Sulkusbreite, die Trochleatiefe, die Länge, die Breite und die Höhe des medialen und lateralen Kondylus statistisch signifikant abnehmen und der Sulkuswinkel statistisch signifikant zunimmt. Andererseits bestand eine statistische Signifikanz bezogen auf die Körpermasse: mit steigendem Gewicht nahmen die

Sulkusbreite, die Trochleatiefe, die Länge, die Breite und die Höhe des medialen und lateralen Kondylus zu und der Sulkuswinkel ab. Der statistisch signifikante Unterschied zwischen den einzelnen Patellaluxationsgruppen spielte sich im Zehntel Millimeter Bereich bzw. bei dem Sulkuswinkel im 1-2° Bereich ab.

Die vorliegende Studie ist vielversprechend. Bis zu einem Gewicht von 10,0 kg wies die gesunde Kontrollgruppe stets größere Mittelwerte auf als die Hunde mit Patellaluxation. Die Ausnahme bildete der Parameter Sulkuswinkel. Dort zeigten die Hunde aus der Vergleichsgruppe kleinere Winkel. In der Gewichtsklasse über 10,0 kg besaß die Kontrollgruppe nicht immer die größten Mittelwerte.

Durch die willkürliche Einteilung in die verschiedenen Gewichtsuntergruppen entstanden besonders bei den großen Hunden mit Patellaluxation sehr kleine Gruppen. Es müssen weitere Untersuchungen mit einer größeren Anzahl von Hunden mit Patellaluxation folgen, um festzustellen, inwieweit die Unterteilung in die verschiedenen Gewichtsgruppen sinnvoll ist, und ob, unter Anwendung aller 18 Parameter, eine Einteilung in die einzelnen Patellaluxationsgruppen möglich ist.

Zusätzlich gibt die Darstellung des Sulcus trochlearis vor einer Operation die einfache Möglichkeit, sich ohne Narkose und Strahlenbelastung über die Form der Trochlea zu informieren und eine Operation besser planen zu können. Die vorgenommenen Korrekturen können postoperativ mit Hilfe der sonographischen Kniegelenksuntersuchung überprüft und dokumentiert werden.

7 Summary

The thesis in hand looks at graphic demonstration and measuring of the sulcus ossis femoris through ultrasound technique in healthy dogs and dogs suffering from a patellar luxation. The aim of the study was to collect measurements in healthy dogs and dogs suffering from patellar luxation by applying ultrasound investigation methods and compare results in order to find out whether these measurements can be used to categorize dogs into different patellar luxation grades.

The investigation was performed using two different ultrasound machines (Ultramark 9 HDI made by ATL and Powervision 8000 made by Toshiba) utilising two different linear probes. The frequency of the linear probe of ATL was 5-10 MHz and the Toshiba head 6-12 MHz. Both ultrasound heads adjust their frequency automatically, depending on the depth investigated.

Initially in order to study the technique, trochlea ossis femoris was examined in five euthanatized dogs without abnormalities in their stifle. Following this assessment, their stifle joints were anatomically prepared and different structures were displayed utilizing echographic water bath examinations. In addition, the depth of the trochlea ossis femoris was identified using a calliper gauge.

The main echographic investigation series in live patients was performed on 170 dog stifles, 114 of which had no patellar luxation while 56 dogs were beforehand identified as showing a luxation of the patella. With regards to the patellar luxation, it was found that the suprapatellar and the infrapatellar cross-section of the sulcus trochlearis were of particular importance. For determining suprapatellar cross-section, the stifle joint was measured in maximal flexion, and for infrapatellar cross-section in maximal extension. In all patients the trochlea could be displayed well. On both cross-sectional pictures nine measurements were taken: the sulcus angle and width, the depth of the trochlea, the length, width and height of the medial and lateral condylus. The evaluation of the width of the condyli was proving difficult in some patients, because the outer line of either the lateral or medial condylus was or both condyli of those patients were not stretching distally enough. In these cases in order to collect comparable measurements a line was drawn distally from where the outer line stopped to create an imaginary intersection point, which allowed determination of the sulcus width. All other parameters could be quantified without difficulties.

All investigated parameters were scrutinized for statistical significance between the different patellar luxation categories. This analysis revealed that advancing grades of patellar luxation

are associated with a decrease of the depth of the trochlea as well as the width of the sulcus, the length, width and height of the medial and lateral condylus, while the sulcus angle was increased. At the same time, a statistical significance also existed in relation to bodyweight, as the sulcus width together with the trochlea depth, and the length, width and height of the medial and lateral condylus increased and the sulcus angle decreased the higher the weight of an animal suffering from patellar luxation. The statistical significant difference among the single patellar luxation grades occurred in a tenth –millimetre-range or, in case of the sulcus angle, in a 1° - 2° -range.

The existing report is extremely promising. Up to a weight of 10,0 kg, the healthy control group featured constantly higher average values than the dogs with patellar luxation. The exception was provided by the sulcus angle parameter. In this case, the dogs of the reference group showed smaller angles. In the weight class above 10,0 kg, the supervised group does not always featured the higher average values. Classification into different subgroups according to body weight resulted in smaller groups for the larger dogs in comparison to the smaller, lower weight dogs. It is therefore important to conduct further studies involving greater numbers of dogs in order to ascertain whether the classification of patellar luxation cases suggested in this study is meaningful, and utilizing all 18 parameters makes a categorisation into the different patellar luxation groups possible.

In addition, ultrasound imaging of the sulcus trochlearis prior to surgery is a simple method of inspecting the trochlea form for superior selection of surgical method. Following surgery, the stifle joint together with surgical corrections performed can also be inspected and findings documented by means of ultrasound examination technique.

8 Literaturverzeichnis

- Ackermann, R., H. Sattler (1995)
Kniegelenk
In: Braun, Günther, Schwerek (Hrsg) Lehrbuch und Atlas Ultraschalldiagnostik, 1-55
Eco Med
- Aglietti, P., J.N. Insall, G. Cerulli (1983)
Patellar Pain and Incongruence I: Measurements of Incongruence
Clin Orthop, 176, 217-224
- Arbeitsgemeinschaft Kleintierpraxis im BPT e.V. (1998)
Vorsorgeuntersuchung auf Patellaluxation bei Hunden
Arbeitsmaterialien des BPT
- Barr, F. (1992)
Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Beaconsfield, T., E. Pintore, N. Maffulli, G.J. Petri (1994)
Radiological Measurements in Patellofemoral Disorders
Clin Orthop, 308, 18-28
- Bloier, B. (1987)
Ultraschalldiagnostik am Seitenbandapparat des Kniegelenks bei Varus-Valgus-Streß
In: Stuhler, T., A. Feige (Hrsg.): Ultraschalldiagnostik des Bewegungsapparats, 297-302
Springer Verlag, Berlin
- Bonath, K.H., W.D. Prieur (1998)
Kleintierkrankheiten, Band 3: Orthopädische Chirurgie und Traumatologie, 351
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Bonath, K.H., W.D. Prieur (1998)
Patellaluxation
In: Kleintierkrankheiten, Band 3: Orthopädische Chirurgie und Traumatologie, 670-672
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Brattström, H. (1963)
The Picture of the Femoro-Patellar Joint in Recurrent Dislocation of the Patella
Acta Orthop Scand, 33, 373-375
- Brattström, H. (1964)
Shape of the intercondylar groove normally and in recurrent dislocation of patella.
A clinical and x-ray-anatomical investigation
Acta Orthop Scand Suppl, 68, 1-148
- Braun, B., R. Günther, W. Schwerek (1998)
Ultraschalldiagnostik Lehrbuch und Atlas
Ecomed, Landsberg, München, Zürich

- Brunnberg, L. (1998)
Patellaluxation
In: Lahmheitsdiagnostik beim Hund, 184-191
Boehringer Ingelheim
- Campbell, J.R., M.J. Pond (1972)
The canine stifle joint, II. Medial luxation of the patella
J Small Animal Pract, 13, 11-18
- Cauvin, E.R.J., G.A. Munroe, J.S. Boyd, C. Paterson (1996)
Ultrasonographic examination of the femorotibial articulation in horses: imaging of the cranial and caudal aspects
Equine Vet J, 28, 4, 285-296
- Dittrich, A.I. (1991)
Normale und pathologische Sonoanatomie des Kniegelenkes
Gießen, Univ, Veterinärmed Fak, Diss
- Dixon, W. J. (1993)
BMDP Statistical Software Manual
Volume 1 and 2
University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London
- Dowd, G.S.E., G. Bentley (1986)
Radiographic assessment in patellar instability and chondromalacia patellae
J Bone Joint Surg, 68B, 2, 297-300
- Dubs-Kunz, B. (1991)
Sonographie des Bewegungsapparates
Verlag Hans Huber, Stuttgart
- Dudwiesus, H. (1995)
in: Sohn/Holzgreve
Ultraschall in der Gynäkologie und Geburtshilfe
Thieme Verlag, Stuttgart
- Eichhorn, J., A. Weber (1987)
Die sonographische Darstellung des Laufs der Patella im Gleitlager
In: Stuhler, T., A. Feige (Hrsg.): Ultraschalldiagnostik des Bewegungsapparats, 282-291
Springer Verlag, Berlin
- Eilert, R.E. (2001)
Congenital Dislocation of the Patella
Clin Orthop, 389, 22-29
- Engelke, A., A. Meyer-Lindenberg, I. Nolte (1997)
Die Ultraschalluntersuchung des Kniegelenkes des Hundes
Berl Münch Tierärztl Wschr, 110, 1, 24-9

- Engelke, A., G. Gassner (2001)
Kniegelenk
In: Poulsen Nautrup, C., R. Tobias, Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze, 355-357
Schlüter'sche GmbH und Co KG, Hannover
- Fehr, M., A. Meyer-Lindenberg, J. Albrecht (1998)
Zur Bedeutung der Arthroskopie bei Hunden mit Patellaluxation
44. Jahrestagung der DVG, Stuttgart, Kongressband, 28-35
- Fritsch, R., M. Gerwing (1993)
Sonographie bei Hund und Katze
Enke Verlag, Stuttgart
- Gerwing, M. (1989)
Sonographische Darstellung von Milz und Prostata des Hundes unter besonderer Berücksichtigung der Messung ihrer Lage und Größe sowie des sonographischen Bildes der pathologischen Veränderung – Das Hydroperitoneum zur besseren Differenzierung abdominaler Organe
Gießen, Univ, Veterinärmed Fak, Diss
- Gerwing, M., M. Kramer (1991)
Sonographie in der Orthopädie
WSAVA, Wien, Kongressband, 407-408
- Gerwing, M., M. Kramer (1992)
Sonographische Weichteilbeurteilung an den Gliedmaßen in der Traumatologie bzw. Orthopädie
38. Jahrestagung der DVG, Bonn, Kongressband, 435-438
- Gerwing, M., M. Kramer (1994)
Traumatische Erkrankungen der Stützstrukturen des Skapulohumeralgelenkes beim Hund-Ultraschalluntersuchungen-
40. Jahrestagung der DVG, Dresden, Kongressband, 167-169
- Gerwing, M., M. Kramer (1994)
Die Sonographie des Schultergelenkes und seiner umgebenden Weichteile beim Hund
Teil B: Sonographische Diagnostik von Erkrankungen im Bereich des Schultergelenkes
Kleintierprax, 39, 141-156
- Gitterle, E. (1991)
Die Patellaluxation beim Hund - Klinik und adäquate Therapie
Kleintierprax, 36, 5, 232-244
- Gnudi, G., G. Bertoni (1999)
Radiographic and echographic examination of the stifle joint affected by cranial cruciate ligament rupture in the dog
EAVDI Proceedings, 91

- Goddard, P.J. (1995)
Veterinary Ultrasonography
Cab International
- Goodfellow, J., D.S. Hungerford, M. Zindel (1976)
Patello-femoral joint mechanics and pathology, 1. Functional anatomy of the patello-femoral joint
J Bone Joint Surg, 58B, 3, 287-290
- Graf, R. (1989)
Sonographie am Bewegungsapparat: Indikationen, Möglichkeiten und Perspektiven
Orthopäde, 18, 2-11
- Graf, R., P. Schuler (1988)
Sonographie am Stütz- und Bewegungsapparat bei Erwachsenen und Kindern
Edition Medizin, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim
- Green, R.W. (1996)
Tendons and Ligaments
In: Green, R.W: Small Animal Ultrasound, 345-348
Lippincott-Raven-Publishers, Philadelphia
- Grobbelaar, N., J.A. Bouffard (2000)
Sonography of the Knee, A Pictorial Review
Semin Ultrasound CT MR, 21, 231-274
- Gruber, G., W. Konermann (1997)
Sonographie der Stütz- und Bewegungsorgane
Standardschnittebenen nach den Richtlinien der DEGUM
Chapman & Hall
- Grundmann, S., D.A. Koch, P.M. Montavon (1999)
Programm zur Bekämpfung der nicht-traumatischen Patellaluxation
Kleintiermedizin, 1, 19-21
- Harland, U. (1988)
Die Abhängigkeit der Echogenität vom Anschallwinkel an Muskulatur und Sehngewebe
Z Orthopäde, 126, 117-124
- Harland, U., H. Sattler (1991)
Ultraschallfibel Orthopädie, Traumatologie, Rheumatologie
Springer Verlag, Berlin
- Harrison, J.W. (1975)
Patellar dislocation
In: Bojrab, M.J.: Current Techniques in Small Animal Surgery, 479-484
Lea & Febiger, Philadelphia

- Helzel, M.V., G. Schindler, B. Gay (1987)
Sonographische Messung der Gelenkknorpeldicke über den tragenden Femurkondylenanteilen. Vergleich zur Arthrographie und Pneumoarthrocomputertomographie
In: Stuhler, T., A. Feige (Hrsg): Ultraschalldiagnostik des Bewegungsapparats, 276-281
Springer Verlag, Berlin
- Henschel, E., G. Teichert, J. Wallenburg (1981)
Zur Instabilität des Kniegelenkes
Kleintierprax, 26, 187-191
- Hodgman, S.F.J. (1963)
Abnormalities and Defects in Pedigree Dogs-I. An Investigation into the Existence of Abnormalities in Pedigree Dogs in the British Isles
J Small Anim Pract, 4, 447-456
- Hulse, D.A. (1981)
Pathophysiology and Management of Medial Patellar Luxation in the Dog
Vet Med Small Anim Clin, 76, 1, 43-51
- Hutter, H., G. Punzet, N. Kopf (1983)
Patellaluxation nach medial beim Hund – Modifikation der Fixation der versetzten Tuberositas Tibiae
Wien tierärztl Mschr, 70, 269-276
- Jerosch, J., W.H.M. Castro, H.U. Sons, W. Winkelmann (1989)
Der Aussagewert der Sonographie bei Verletzungen des Kniegelenkes
Ultraschall, 10, 275-281
- Jerosch, J., B. Geske, H.U. Sons, W. Winkelmann (1989)
Die Aussagekraft der Sonographie bei der Beurteilung des intrakompartimentalen Druckes in der Tibialis-anterior-Loge
Ultraschall, 10, 206-210
- Johnson, A.L., C.W. Probst, C.E. Decamp, D.S. Rosenstein, J.G. Hauptman, B.T. Weaver, T.L. Kern (2001)
Comparison of Trochlear Block Recession and Trochlear Wedge Recession for Canine Patellar Luxation Using a Cadaver Model
Vet Surg, 30, 140-150
- Johnson, A.L., D.A. Hulse (2002)
Diseases of the Joint
In: Fossum, T.W.: Small Animal Surgery, 2. Auflage, 1023-1157
Mosby Verlag, St. Louis
- Kaiser, S., H. Waibl, L. Brunnberg (1997)
Der "Quadriceps-Winkel" in der radiologischen und der magnetresonanztomographischen Darstellung: Ein Parameter zur Objektivierung der mit der Luxatio patellae congenita assoziierten Weichteil- und Knochendeformitäten
Kleintierprax, 42, 953-964

- Kaiser, S. (1999)
Magnetresonanztomographische und röntgenologische Untersuchungen zur Luxatio patellae congenita des Hundes
Berlin, Univ, Veterinärmed Fak, Diss
- Kaiser, S., D. Cornely, W. Golder, M. Garner, H. Waibl, L. Brunnberg (2001)
Magnetic Resonance Measurements of the Deviation of the Angle of Force Generated by Contraction of the Quadriceps Muscle in Dogs With Congenital Patellar Luxation
Vet Surg, 30, 6, 552-558
- Kealy, J.K. (1987)
Luxation of the Patella
In: Kealy, J. K.: Diagnostic Radiology of the Dog and Cat, 363
W.B. Saunders, Philadelphia
- Kellner, H., C.D. Reimers(1996)
Sonographie der Bewegungsorgane
Urban und Schwarzenberg, München
- Knight, G.C. (1963)
Abnormalities and Defects in Pedigree Dogs-III. Tibio-Femoral Joint Deformity and Patella Luxation
J Small Anim Pract, 4, 463-464
- Koch, D.A., S. Grundmann, D. Savoldelli, H.L`Eplattenier, P.M. Montavon (1998)
Die Diagnostik der Patellaluxation des Kleintieres
Schweiz Arch Tierheilk, 140, 371-374
- Koch, D.A., P.M. Montavon (1997)
Klinische Erfahrungen bei der Therapie der Patellarluxation des Kleintieres mittels Sulkoplastik und seitlicher und kranialer Verschiebung der Tuberositas tibiae
Schweiz Arch Tierheilk, 139, 259-264
- Kodituwakku, G.E. (1962)
Luxation of the Patella in the Dog
Vet Rec, 74, 1499-1507
- Kofler, J. (1999)
Ultrasonography of the bovine stifle region - normal findings
EAVDI Proceedings, 52
- Konermann, W., G. Gruber, (2000)
Ultraschalldiagnostik der Stütz- und Bewegungsorgane
Thieme Verlag, Stuttgart
- Kramer, M. (1992)
Die sonographische Anatomie des Schultergelenkes und seines Weichteilmantels beim erwachsenen Hund
Gießen, Univ, Veterinärmed Fak, Diss

- Kramer, M., M. Gerwing (1991)
Sonographische Anatomie des Schultergelenkes beim Hund
37. Jahrestagung der DVG, Stuttgart, Kongressband, 51-54
- Kramer, M., M. Gerwing (1996)
Die Bedeutung der Sonographie in der Orthopädie beim Hund
Berl Münch Tierärztl Wschr, 109, 130-135
- Kramer, M., M. Gerwing, H. Stengel, E. Schimke (1998)
Sonography of diseases of the canine stifle
EAVDI Proceedings, 196-197
- Kramer, M., H. Stengel, M. Gerwing, E. Schimke, C. Sheppard (1999)
Sonography of the canine stifle
Vet Radiol Ultrasound, 40, 3, 282-293
- Laine, H.R., A. Harjula, P. Peltokallio (1987)
Ultrasound in the Evaluation of the Knee and Patellar Regions
J Ultrasound Med, 6, 33-36
- Löffler, K., H. Meyer (1961)
Erbliche Patellarluxation bei Toy-Spaniels
Dtsch Tierärztl Wschr, 68, 619-622
- Löffler, L. (1989)
Ultraschalldiagnostik am Bewegungsapparat,
Thieme Verlag, Stuttgart
- Malghem, J., B. Maldague (1989)
Depth insufficiency of the proximal trochlear groove on lateral radiographs of the knee:
relation to patellar dislocation
Radiology, 170, 507-510
- Malghem, J., B. Maldague (1989)
Patellofemoral Joint: 30° Axial radiograph with lateral rotation for the leg
Radiology, 170, 566-567
- Martino, F., A. De Serio, L. Macarini, A. Rizzo, R. Laforgia, A. Rotondo, G. Angleli (1998)
Ultrasonography versus computed tomography in evaluation of the femoral trochlear
groove morphology: a pilot study on healthy, young volunteers
Eur Radiol, 8, 244-247
- Matis, U. (1999)
Zugang zum Kniegelenk bei Luxatio patellae
In: Schebitz, H., W. Brass: Operationen an Hund und Katze, 403
Parey Verlag, Berlin
- Memminger, M. (2001)
Mediale Patellaluxation
Unfallchirurg, 104, 1011-1013

- Merchant, A.C., R.L. Mercer, R.H. Jacobsen, C.R. Cool (1974)
Roentgenographic Analysis of Patellofemoral Congruence
J Bone Joint Surg, 56A, 7, 1391-1396
- Meyer, H. (2001)
Zur Luxatio patellae congenita des Hundes – Indirekte Bestimmung der Tiefe der Trochlea ossis femoris mittels der direkten Röntgenvergrößerung (DIMA-Technik)
Berlin, Univ, Veterinärmed Fak, Diss
- Meyer, H., S. Kaiser, H. Waibl, L. Brunnberg (2002)
Röntgendiagnostische Parameter zur präoperativen Planung der chirurgischen Korrektur der Luxatio patellae congenita des Hundes, Teil II: Ergebnisse, Diskussion und Literatur
Kleintierprax, 47, 129-138
- Michele, U. (2000)
Die Sonographie des Ellbogengelenkes und seines Weichteilmantels beim gesunden erwachsenen Hund
Gießen, Univ, Veterinärmed Fak, Diss
- Müller, S. A. (2002)
Die sonographische Untersuchung des gesunden und pathologisch veränderten Meniskus beim Hund – Vergleich der Befunde mit dem intraoperativen Situs
Gießen, Univ, Veterinärmed Fak, Diss
- Newberg, A.H., D. Seligson (1980)
The patellofemoral joint: 30°, 60° and 90° Views
Radiology, 137, 57-61
- Nickel, R., A. Schummer, E. Seiferle (2001)
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band I: Bewegungsapparat
Parey Verlag, Berlin
- Niemand, H.G., P.F. Suter (2001)
Patellaluxation
In: Praktikum der Hundeklinik, 1023-1025
Parey Verlag, Berlin
- Nietosvaara, Y. (1994)
The Femoral Sulcus in Children
J Bone Joint Surg, 76B, 807-809
- Nietosvaara, A.Y., K.A. Aalto (1993)
Ultrasonographic Evaluation of Patellar Tracking in Children
Clin Orthop, 297, 62-64
- Nietosvaara, Y., K. Aalto (1997)
The cartilaginous Femoral Sulcus in Children with Patellar Dislocation: An Ultrasonographic Study
J Pediatr Orthop, 17, 50-53

- Pearson, P.T., F.K. Ramsey (1963)
Evaluation of Polytetrafluoroethylene Implants to Correct Canine Medial Patellar Luxations
J Am Vet Med Assoc, 143, 8, 843-848
- Pennick, D.G., T.G. Nyland, T.R. O'Brien, J.D. Wheat, C.R. Berry (1990)
Ultrasonography of the equine stifle
Vet Radiol Ultrasound, 31, 6, 293-298
- Priester, W.A., A.G. Glass, N.S. Waggoner (1970)
Congenital Defects in Domesticated Animals: General Considerations
Am J Vet Res, 31, 10, 1871-1879
- Priester, W.A. (1972)
Sex, Size, and Breed as Risk Factors in Canine Patellar Dislocation
J Am Vet Med Assoc, 160, 5, 740-742
- Putnam, R.W. (1968)
Patellar luxation in the dog
Guelph, Univ Veterinärmed Fak, Diss
- Read, R.A. (1999)
Behandlungsmöglichkeiten der medialen Patellaluxation
Waltham Focus, 9, 4, 25-31
- Reed, A.L., C.R. Cook, J.T. Payne, J.C. Lattimer, M.C. Muhlbauer (1997)
Ultrasonographic findings in dogs with stifle joint abnormalities
Vet Radiol Ultrasound, 39, 3
- Reed, A.L., J.T. Payne, G. Constantinescu (1994)
Ultrasonography of the canine stifle
Vet Radiol Ultrasound, 35, 4, 263
- Reed, A.L., J.T. Payne, M.C. Gheorghe (1995)
Ultrasonographic anatomy of the normal canine stifle
Vet Radiol Ultrasound, 36, 4, 315-321
- Roberts, C.S., D.J. Beck, J. Heinsen, D. Seligson (2002)
Review Article Diagnostic Ultrasonography: Applications in Orthopaedic Surgery
Clin Orthop, 401, 248-264
- Röhr, E. (1984)
Die Sonographie des Kniegelenkes
Orthopäd Praxis, 11, 937-943
- Röhr, E. (1987)
Sonographische Darstellung des vorderen Kreuzbandes
Ultraschall, 8, 37-39

- Röhr, E. (1987)
Sonographische Darstellung physiologischer und pathologischer Befunde am Kniegelenk
In: Stuhler, T., A. Feige: Ultraschalldiagnostik des Bewegungsapparats, 292-296
Springer Verlag, Berlin
- Roush, J.K. (1993)
Canine Patellar Luxation
Vet Clin North Am Small Anim Pract, 23, 4, 855-868
- Sattler, H., U. Harland, (1988)
Arthrosonographie
Springer Verlag, Berlin
- Sattler, H. (1995)
Kniegelenk
In: Graf, R., P. Schuler: Sonographie am Stütz- und Bewegungsapparat bei Erwachsenen und Kindern, 239-240
Chapman & Hall, Weinheim
- Schäfer, G. (1981)
Die Luxatio patellae congenita des Hundes und ihre Behandlung mit einer neuartigen Operationsmethode
Gießen, Univ, Veterinärmed Fak, Diss
- Schäfer, G., I. Nolte, F. Reinhard, R. Rudolph (1982)
Die Luxatio patellae congenita des Hundes
Kleintierprax, 27, 121-130
- Schimke, E., S. Paatsama (1993)
Gelenkerkrankungen
In: Freudiger, U., E.-G. Grünbaum, E. Schimke: Klinik der Hundekrankheiten, 790-810
Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart
- Schmidtke, H.-O. (1981)
Rotationsosteotomie zur Behandlung der habituellen Patellaluxation
Kleintierprax, 26, 133-138
- Schmökel, H.G., P.M. Montavon (1993)
Versetzung der Tuberositas tibiae mit einer Kranialisierung bei der Patellaluxation beim Hund
Kleintierprax, 38, 805-808
- Schricker, T., N.M. Hien, C.J. Wirth (1987)
Klinische Ergebnisse sonographischer Funktionsuntersuchungen bei Kapselbandläsionen am Knie- und Sprunggelenk
Ultraschall, 8, 27-31

- Shuttleworth, A.C. (1935)
Dislocation of the Patella in the Dog
Vet Rec, 27, 765-774
- Singleton, W.B., (1969)
The surgical correction of stifle deformities in the dog
J Small Anim Pract, 10, 59-69
- Slocum, B., T.D. Slocum (1993)
Trochlear Wedge Recession For Medial Patellar Luxation
Vet Clin North Am Small Anim Pract, 23, 4, 869-875
- Stengel, H. (1997)
Sonographische Darstellung des Kniegelenkes und seiner Weichteile beim gesunden Hund
Gießen, Univ, Veterinärmed Fak, Diss
- Strobel, M., H.-W. Stedtfeld (1991)
Diagnostik des Kniegelenkes
Springer Verlag, Berlin
- Tran, T.K., H. Vogel (1987)
Befunde bei der Sonographie des infrapatellaren Raumes am Kniegelenk
Ultraschall 8, 255-258
- Vaara, P., E. Marttinen, J. Peltonen (1997)
Ultrasonography of the Patellofemoral Joint in Diastrophic Dysplasia
J Pediatr Orthop 17, 512-515
- Vasseur, P.B. (1993)
Stifle Joint
In: Slatter, D.H.: Textbook of Small Animal Surgery, Volume II, 2. Auflage, 1817-1862
W.B. Saunders Company, Philadelphia

9 Anhang

Tab. 28: Patientendaten und ihre Meßwerte

<u>Pat-Nr</u>	<u>US-Nr</u>	<u>A</u> (J)	<u>Gew</u> (kg)	<u>Rasse</u>	<u>Ges</u>	<u>PL</u>	<u>SA1</u> (°)	<u>SA2</u> (°)	<u>LMK1</u> (mm)	<u>LMK2</u> (mm)	<u>LLK1</u> (mm)
1	29	0,5	2,0	Yorkshire Terrier	m	0	143	141	2,75	2,90	3,35
2	13432	7,0	4,5	Malteser-Mix	m	0	146	139	3,19	2,74	3,11
3	13855	7,0	46,5	Berner Sennenhund	wk	0	132	135	11,08	8,80	9,70
4	16819	4,0	12,0	Dackel-Mix	wk	0	135	144	4,44	4,18	5,93
5	17596	8,0	14,5	West Highland White Terrier	mk	0	136	124	4,09	4,52	4,19
6	17822	3,0	7,0	Pudel	w	0	159	136	2,65	2,96	2,86
7	18053	9,0	9,0	West Highland White Terrier	m	0	133	136	3,35	3,23	3,65
8	18362	8,0	5,8	Yorkshire Terrier	m	0	134	136	2,19	2,90	2,16
9	18468	8,0	21,0	Beagle	m	0	124	137	5,55	5,15	4,69
10	18567	8,0	21,0	Beagle	m	0	134	136	4,24	5,74	3,32
11	18692	15,0	9,0	Dackel-Mix	m	0	146	145	5,63	5,15	4,36
12	18712	7,0	8,0	Pekinese-Mix	w	0	153	153	2,44	3,02	2,56
13	18944	5,0	10,0	Cairn Terrier	w	0	132	127	5,34	5,57	4,98
14	18956	2,0	32,5	Labrador-Mix	w	0	121	130	8,31	7,26	8,41
15	19038	9,0	8,0	West Highland White Terrier	m	0	158	149	3,92	3,77	5,01
16	19303	5,0	25,0	Staffordshire Terrier	wk	0	128	136	7,17	6,76	6,45
17	19501	5,0	36,0	Husky	w	0	123	139	6,50	6,27	6,32
18	19558	7,0	34,0	Rottweiler	w	0	132	137	6,99	6,16	7,14
19	19728	6,0	39,0	Berner Sennenhund	wk	0	142	130	6,99	7,88	7,22
20	19733	2,0	31,0	Boxer	m	0	133	135	7,26	7,75	7,63
21	19756	3,0	52,5	Berner Sennenhund	wk	0	122	134	8,80	7,74	8,63
22	20007	4,0	10,0	West Highland White Terrier	m	0	131	129	2,75	4,23	3,41
23	20033	6,5	36,0	Berner Sennenhund	w	0	136	143	7,18	5,73	6,97
24	20042	1,5	20,0	Bullterrier	w	0	152	149	4,80	5,28	4,82
25	20053	3,0	55,0	Amerikanische Bulldogge	mk	0	124	144	8,75	7,81	8,85
26	20061	6,0	41,0	Berner Sennenhund	w	0	136	134	6,93	7,41	7,30
27	20096	4,0	34,0	Husky-Mix	wk	0	138	134	7,06	5,88	7,37
28	20118	10,0	27,0	Beagle-Mix	m	0	134	139	7,08	5,49	6,73
29	20170	1,0	25,0	Französische Bulldogge	m	0	138	142	5,88	6,44	6,26
30	20191	7,0	54,0	Pyrenäenberghund	w	0	134	131	8,89	7,51	9,84
31	20389	6,0	33,0	Deutsch Drahthaar	w	0	120	131	8,18	7,51	7,07
32	20394	5,0	30,0	Boxer	w	0	136	130	8,24	7,47	8,36
33	20419	0,8	59,0	Bernhardiner	m	0	141	136	8,21	9,47	9,20
34	20426	8,0	33,0	Husky	m	0	125	134	7,94	6,09	7,42
35	20480	8,0	36,0	Deutsch Drahthaar	w	0	130	135	7,14	6,14	6,29
36	20530	5,0	16,0	Beagle	w	0	129	140	5,44	4,39	5,92
37	20541	6,0	47,5	Rottweiler	m	0	139	140	7,96	7,50	9,01
38	20554	7,0	50,0	Berner Sennenhund-Mix	w	0	122	129	8,33	5,43	9,16
39	20611	6,0	9,0	Shi-Tsu	m	0	136	136	4,65	3,67	4,54
40	20638	7,0	21,0	Australian Shephard	w	0	127	121	6,53	5,69	5,72
41	20651	7,0	30,0	Pon	mk	0	138	136	7,03	5,12	6,29
42	20736	8,0	64,0	Berner Sennenhund	wk	0	140	137	6,78	6,36	7,47
43	20755	2,0	44,0	Berner Sennenhund	w	0	139	131	7,53	8,81	6,19
44	20767	4,0	41,0	Hovawart	w	0	136	133	8,31	7,79	7,44
45	20803	8,0	19,5	Kleiner Münsterländer-Mix	w	0	134	137	5,08	5,09	5,60

<u>Pat-Nr</u>	<u>LLK2</u> (mm)	<u>BS1</u> (mm)	<u>BS2</u> (mm)	<u>ST1</u> (mm)	<u>ST2</u> (mm)	<u>BMK1</u> (mm)	<u>BMK2</u> (mm)	<u>BLK1</u> (mm)	<u>BLK2</u> (mm)	<u>HMK1</u> (mm)	<u>HMK2</u> (mm)	<u>HLK1</u> (mm)	<u>HLK2</u> (mm)	<u>TT</u> (mm)
1	3,04	5,79	5,60	1,08	0,93	3,81	4,21	4,38	3,87	0,83	0,90	1,00	1,04	*
2	3,69	6,03	6,04	0,99	1,01	3,97	3,41	4,30	4,88	0,74	0,83	0,91	1,02	1,10
3	8,90	18,23	16,34	4,89	3,45	14,51	12,35	14,61	12,89	4,86	3,23	4,74	3,02	4,90
4	4,50	9,58	8,26	1,92	1,32	6,25	6,75	7,59	6,33	1,75	1,16	1,92	1,07	*
5	4,53	7,67	7,98	1,68	2,25	6,01	6,97	6,56	6,53	1,22	1,69	1,34	1,92	*
6	3,01	5,42	5,54	0,61	1,16	4,26	4,22	4,25	4,38	0,25	0,91	0,42	0,83	0,80
7	3,73	6,42	6,45	1,39	1,45	5,14	5,21	4,90	5,29	1,15	1,17	1,36	1,15	*
8	3,27	4,00	5,72	0,97	1,10	4,56	4,68	4,11	5,00	1,12	1,02	1,23	1,22	1,20
9	5,35	9,04	9,76	2,41	1,93	8,21	7,85	7,59	7,12	2,29	1,45	2,05	1,57	2,65
10	5,43	6,97	10,33	1,57	2,22	6,63	7,58	7,87	7,47	1,35	1,67	1,26	1,78	2,20
11	4,41	9,56	9,12	1,46	1,55	7,56	7,35	6,12	6,22	1,22	1,22	1,24	1,34	*
12	3,73	4,86	6,56	0,60	0,92	3,31	4,33	3,27	4,45	0,35	0,78	0,57	0,67	0,65
13	5,47	9,44	9,90	2,14	2,45	9,33	9,36	8,54	9,45	1,80	2,11	2,03	2,34	1,85
14	7,56	14,56	13,44	4,00	3,00	11,68	11,01	10,11	10,22	3,78	2,90	4,00	3,02	*
15	4,18	8,76	7,67	1,02	1,01	5,84	5,11	6,18	8,13	2,57	2,06	2,55	2,23	1,30
16	5,17	12,26	11,09	2,97	2,25	8,02	8,42	7,90	7,56	2,78	1,78	2,78	2,00	3,00
17	5,83	11,27	11,35	3,11	2,22	8,28	9,37	8,67	7,51	3,22	2,25	3,12	2,14	2,65
18	5,55	12,92	10,91	2,81	2,09	10,02	8,90	9,23	7,01	2,59	1,79	2,81	1,66	3,00
19	7,75	13,43	14,18	2,54	3,59	9,11	14,19	9,25	9,85	2,11	2,84	2,09	3,15	4,10
20	7,12	13,67	13,72	3,01	2,82	10,11	10,93	9,34	9,79	2,61	2,67	2,71	2,45	3,25
21	7,67	15,23	14,17	4,26	2,97	10,46	9,93	10,89	11,24	3,93	3,83	3,93	3,01	4,20
22	3,78	5,61	7,22	1,10	1,78	6,45	5,68	5,23	5,57	1,12	1,33	1,34	1,45	*
23	5,41	13,11	10,56	2,56	2,00	10,56	9,68	11,69	7,23	3,60	2,05	3,49	1,78	3,75
24	4,98	9,33	9,90	1,23	1,32	7,31	7,42	6,52	6,86	1,37	1,24	1,35	1,35	*
25	8,21	15,56	15,25	4,33	2,50	12,47	12,14	11,26	10,00	3,78	2,01	4,01	2,01	3,80
26	6,39	13,20	12,70	2,64	2,70	10,26	9,93	8,77	9,78	2,37	2,27	2,03	2,36	4,00
27	6,42	13,46	11,34	2,58	2,34	10,33	10,00	9,47	11,34	2,22	2,22	2,11	2,68	*
28	4,97	12,70	9,79	2,81	1,69	10,00	9,57	8,23	8,20	2,22	1,81	2,53	2,03	3,10
29	5,34	11,33	11,14	2,00	1,89	8,13	8,69	8,22	7,58	1,90	1,78	1,89	1,78	1,95
30	6,97	17,23	13,16	3,74	2,97	12,08	11,96	11,55	12,13	3,58	2,66	3,12	3,06	4,00
31	6,37	13,25	12,66	3,70	2,74	8,12	9,39	9,46	9,47	2,43	2,95	2,34	2,95	*
32	6,43	15,36	12,59	3,18	2,68	9,39	10,47	11,07	10,18	2,95	2,66	3,05	2,74	4,00
33	8,52	16,40	16,70	2,97	3,39	11,91	11,97	11,71	11,61	2,62	2,86	2,70	3,13	4,45
34	5,65	13,60	10,81	3,51	2,25	10,09	8,13	10,27	8,13	3,01	2,32	3,19	2,15	3,00
35	5,29	12,17	10,54	2,70	2,34	11,25	10,10	10,80	7,75	3,58	2,27	3,58	2,25	3,60
36	4,53	10,28	8,38	2,34	1,71	8,20	6,85	7,32	6,49	1,98	1,44	2,16	1,53	2,45
37	8,45	15,91	15,00	3,21	2,56	11,65	12,87	11,33	10,36	2,37	2,86	2,21	3,22	3,90
38	5,11	15,30	9,53	4,35	2,38	11,19	11,19	10,01	10,61	3,34	2,51	3,10	2,27	4,05
39	3,67	8,52	6,80	1,66	1,52	5,99	5,65	6,04	5,90	1,43	1,34	1,66	1,34	1,80
40	4,93	10,97	9,26	2,78	2,72	8,93	9,28	8,97	8,32	3,34	2,53	3,33	2,53	*
41	5,37	12,42	9,73	2,41	2,05	8,09	7,60	8,67	7,68	2,41	2,06	2,53	2,15	2,70
42	6,21	13,38	11,71	2,54	2,41	9,41	12,70	10,02	10,74	2,24	2,45	2,36	2,20	4,25
43	8,22	12,86	15,47	2,61	3,50	11,32	11,57	12,36	11,74	3,25	3,44	3,09	3,43	4,25
44	6,95	14,58	13,49	3,01	2,90	12,53	11,79	9,77	12,03	3,01	3,58	2,90	2,86	*
45	5,29	9,82	9,65	2,15	1,91	7,21	7,05	6,85	6,64	1,72	1,97	1,56	1,88	2,30

Fortsetzung Tab. 28: Patientendaten und ihre Meßwerte

<u>Pat-Nr</u>	<u>US-Nr</u>	<u>A</u> (J)	<u>Gew</u> (kg)	<u>Rasse</u>	<u>Ges</u>	<u>PL</u>	<u>SA1</u> (°)	<u>SA2</u> (°)	<u>LMK1</u> (mm)	<u>LMK2</u> (mm)	<u>LLK1</u> (mm)
46	20846	7,0	24,5	Kleiner Münsterländer	m	0	132	131	5,79	7,43	5,92
47	20852	9,0	10,0	Jagdterrier	w	0	143	144	5,15	4,97	4,36
48	20972	5,0	40,0	Rottweiler	wk	0	129	130	6,79	6,25	5,36
49	20976	8,0	39,0	Dobermann	wk	0	127	123	10,26	8,76	8,62
50	21056	9,0	46,0	Riesenschнауzer	m	0	141	132	7,72	6,77	8,60
51	21092	8,0	7,4	West Highland White Terrier	wk	0	143	152	4,30	3,94	3,96
52	21126	8,0	23,0	Husky	wk	0	134	129	6,47	6,30	6,38
53	21223	5,0	47,5	Rottweiler	m	0	131	139	8,04	7,64	7,98
54	21276	7,0	3,4	Yorkshire Terrier	m	0	146	138	3,11	3,55	2,97
55	21417	12,0	11,5	Pudel	w	0	145	140	3,99	4,05	4,05
56	21473	5,0	34,0	Golden Retriever	w	0	132	129	6,25	5,82	6,80
57	21638	6,0	22,0	Kleiner Münsterländer	wk	0	131	124	5,86	5,43	5,65
58	21674	3,0	48,0	Bernhardiner	w	0	138	143	8,64	7,72	7,70
59	21771	10,0	11,0	Spitz-Mix	mk	0	149	146	4,26	4,32	4,25
60	19565	7,0	20,0	Beagle	mk	0	132	134	4,72	5,00	5,74
61	19565	7,0	19,0	Beagle	mk	0	128	138	4,97	4,89	5,17
62	19900	5,0	9,0	Jack Russel Terrier-Mix	wk	0	131	135	4,03	4,03	4,85
63	19900	6,0	9,0	Jack Russel Terrier-Mix	wk	0	137	134	5,10	4,96	5,27
64	19956	*	5,5	Malteser	m	0	136	132	4,03	4,83	4,01
65	19956	*	5,5	Malteser	m	0	147	137	3,71	2,76	4,13
66	20372	4,0	7,0	West Highland White Terrier	w	0	142	137	4,20	3,90	3,83
67	20372	4,0	7,0	West Highland White Terrier	w	0	127	130	3,94	5,60	5,22
68	20460	3,0	40,0	Rottweiler	mk	0	133	134	7,89	8,27	7,19
69	20460	3,0	37,5	Rottweiler	mk	0	139	134	7,83	8,14	7,35
70	20473	6,0	24,5	Entlebucher	wk	0	146	138	6,52	5,46	6,39
71	20921	7,0	13,0	Spitz-Mix	w	0	141	140	3,57	3,40	3,85
72	20921	7,0	13,0	Spitz-Mix	w	0	135	136	3,81	3,25	3,72
73	24	10,0	4,5	Yorkshire Terrier	m	0	140	140	3,59	3,74	2,97
74	27	9,0	4,4	Yorkshire Terrier	wk	0	135	134	3,46	2,83	2,57
75	28	11,0	11,0	Tibet Terrier	mk	0	154	143	3,69	5,14	5,19
76	30	*	4,0	Pudel	w	0	136	138	4,49	4,31	4,00
77	30	*	4,0	Pudel	w	0	141	133	4,33	4,18	4,36
78	31	4,0	7,0	West Highland White Terrier	w	0	145	134	4,08	4,11	3,83
79	31	4,0	7,0	West Highland White Terrier	w	0	143	134	3,74	3,94	4,37
80	34	12,0	8,0	West Highland White Terrier	w	0	133	128	3,80	3,53	4,04
81	34	12,0	8,0	West Highland White Terrier	w	0	129	126	4,36	3,87	3,79
82	35	4,0	7,5	Border Terrier	wk	0	145	133	3,61	3,94	3,76
83	36	3,0	12,0	Pudel	m	0	135	136	5,02	5,18	5,48
84	37	11,0	5,8	Dackel-Mix	wk	0	141	143	4,04	4,30	3,97
85	37	11,0	5,8	Dackel-Mix	wk	0	147	143	4,25	3,80	4,34
86	38	*	5,5	Shi-Tsu	w	0	125	144	3,43	2,71	2,44
87	38	*	5,5	Shi-Tsu	w	0	150	143	3,06	3,14	2,94
88	40	4,0	5,0	Shi-Tsu	w	0	149	148	3,46	3,74	3,80
89	41	1,0	2,5	Chihuahua	w	0	145	144	3,31	3,40	3,18
90	41	1,0	2,5	Chihuahua	w	0	146	144	2,93	3,48	3,46

<u>Pat-Nr</u>	<u>LLK2</u> (mm)	<u>BS1</u> (mm)	<u>BS2</u> (mm)	<u>ST1</u> (mm)	<u>ST2</u> (mm)	<u>BMK1</u> (mm)	<u>BMK2</u> (mm)	<u>BLK1</u> (mm)	<u>BLK2</u> (mm)	<u>HMK1</u> (mm)	<u>HMK2</u> (mm)	<u>HLK1</u> (mm)	<u>HLK2</u> (mm)	<u>TT</u> (mm)
46	6,55	10,71	12,73	2,33	2,91	8,76	9,55	8,22	8,91	2,14	2,55	2,15	2,82	3,50
47	4,88	9,27	9,36	1,55	1,56	7,03	6,52	5,86	5,83	1,80	1,52	1,44	1,43	*
48	6,19	11,23	11,28	2,69	2,70	10,37	8,28	8,30	8,61	2,57	2,11	2,57	2,34	3,95
49	7,96	16,92	14,72	4,45	4,14	12,19	11,01	11,45	11,49	4,21	3,78	4,07	3,35	4,60
50	7,64	15,37	13,18	2,82	2,93	9,88	11,06	10,86	9,34	2,86	2,71	2,50	2,59	5,25
51	4,89	7,84	8,58	1,45	1,08	6,96	5,98	6,67	6,62	0,91	0,72	1,00	0,81	0,85
52	5,66	11,81	10,80	2,53	2,48	9,65	8,85	8,58	8,94	2,38	2,32	2,38	2,06	3,30
53	7,46	14,58	14,16	3,38	2,94	12,41	11,39	11,33	10,77	2,89	2,31	3,13	2,69	4,40
54	3,42	5,81	6,50	0,90	1,35	3,94	5,17	4,02	5,06	0,76	1,17	0,72	1,35	1,65
55	4,37	7,66	7,91	1,08	1,45	6,41	7,18	5,32	6,00	0,90	1,38	1,00	1,47	1,90
56	6,58	11,93	11,20	2,65	2,68	8,10	9,42	8,82	10,12	1,91	2,35	2,03	2,26	3,45
57	6,28	10,48	10,36	2,27	2,74	7,39	8,33	6,79	7,74	2,06	2,62	2,27	2,62	3,55
58	6,97	15,25	13,93	3,18	2,62	13,03	10,61	12,29	10,97	2,41	2,27	2,32	2,29	4,25
59	5,20	8,20	9,11	1,08	1,37	6,25	6,85	6,10	6,89	1,16	1,36	1,16	1,26	2,80
60	5,14	9,56	9,32	2,00	1,93	7,24	7,39	7,34	6,61	1,78	1,59	1,78	1,72	*
61	5,10	9,11	9,33	2,23	1,89	7,56	7,30	7,24	7,53	2,11	2,02	2,00	1,80	*
62	4,09	8,09	7,50	1,76	1,50	6,40	5,85	6,28	5,43	1,57	1,42	1,58	1,18	*
63	5,23	9,64	9,38	1,92	2,04	7,00	7,40	6,52	6,76	1,34	1,80	1,17	1,98	2,20
64	4,28	7,45	8,33	1,67	1,89	5,41	5,93	5,06	6,11	1,59	1,56	1,59	1,44	*
65	3,24	7,52	5,59	1,16	1,00	5,36	4,88	4,88	4,88	1,00	1,07	1,08	1,07	1,25
66	2,66	7,58	6,13	1,35	1,17	5,12	5,45	6,73	6,78	0,84	1,32	1,04	1,26	1,20
67	4,87	8,22	9,51	2,04	2,10	7,02	9,51	7,63	7,02	2,03	2,36	1,79	2,32	1,60
68	6,89	13,84	13,96	3,04	2,88	11,25	11,71	10,80	9,74	3,04	2,97	2,95	2,79	*
69	7,77	14,24	14,65	2,77	3,10	11,05	10,01	9,89	10,30	2,44	3,20	2,80	2,90	3,90
70	4,78	12,34	9,56	1,89	1,79	9,91	9,30	8,84	7,86	1,96	1,61	1,88	1,61	2,90
71	3,64	7,00	6,61	1,27	1,34	6,43	4,88	5,36	6,58	1,17	1,08	1,07	1,08	1,50
72	3,48	6,97	6,24	1,43	1,25	6,25	4,92	5,36	5,60	1,25	1,09	1,25	1,24	2,00
73	2,71	6,18	6,07	1,14	1,09	4,61	4,61	4,28	3,70	1,09	1,22	0,91	0,91	*
74	3,24	5,58	5,60	0,99	1,17	4,85	4,22	3,85	4,31	0,99	1,07	0,99	1,33	*
75	5,53	8,67	10,12	0,92	1,67	6,45	6,71	6,89	8,23	1,22	1,56	1,12	1,67	*
76	4,45	7,87	8,18	1,56	1,57	5,76	5,63	5,34	5,39	1,34	1,57	1,42	1,57	*
77	3,43	8,20	6,99	1,56	1,48	6,08	5,22	6,00	5,67	1,34	1,20	1,42	1,51	*
78	3,84	7,54	7,31	1,24	1,41	5,14	5,52	5,13	5,26	1,16	1,51	1,24	1,46	*
79	4,10	7,67	7,39	1,45	1,53	5,26	5,86	6,05	5,51	1,35	1,24	1,35	1,24	*
80	4,38	7,17	7,11	1,86	1,89	5,29	5,24	5,39	5,56	1,58	1,33	1,46	1,33	*
81	3,82	7,35	6,86	1,68	1,81	4,73	5,80	5,28	4,56	1,35	1,45	1,48	1,35	*
82	3,90	7,04	7,17	1,01	1,74	4,66	4,89	5,57	5,11	1,14	1,41	1,14	1,53	*
83	5,14	9,69	9,56	2,03	2,00	7,54	7,67	6,85	6,78	1,69	1,89	1,92	1,90	*
84	4,12	7,56	7,98	1,35	1,46	6,12	6,34	5,12	4,78	1,33	1,11	1,35	1,01	1,30
85	4,04	8,23	7,45	1,22	1,23	5,90	6,18	4,67	5,73	1,22	1,00	1,01	1,13	1,30
86	2,98	5,23	5,42	1,44	0,92	5,12	3,75	3,67	3,75	1,34	0,84	1,23	0,92	0,90
87	2,87	5,79	5,70	0,72	1,00	3,46	3,55	3,92	4,05	1,05	1,16	1,18	1,08	1,00
88	3,46	7,00	6,92	0,92	1,00	4,30	4,72	4,80	4,80	1,25	1,00	1,32	1,01	*
89	3,46	6,18	6,53	0,99	1,00	4,77	4,87	4,26	4,41	0,92	0,99	0,92	0,94	*
90	3,56	6,12	6,69	0,93	1,06	4,38	4,53	4,19	4,33	0,92	1,05	1,11	1,18	*

Fortsetzung Tab. 28: Patientendaten und ihre Meßwerte

<u>Pat-Nr</u>	<u>US-Nr</u>	<u>A</u> (J)	<u>Gew</u> (kg)	<u>Rasse</u>	<u>Ges</u>	<u>PL</u>	<u>SA1</u> (°)	<u>SA2</u> (°)	<u>LMK1</u> (mm)	<u>LMK2</u> (mm)	<u>LLK1</u> (mm)
91	42	6,0	9,0	West Highland White Terrier	w	0	127	136	3,34	3,23	3,74
92	42	6,0	9,0	West Highland White Terrier	w	0	145	139	3,70	3,20	3,45
93	43	7,0	7,0	Yorkshire Terrier	m	0	146	145	2,95	3,27	4,12
94	44	3,0	5,0	Yorkshire Terrier-Mix	w	0	144	143	3,14	3,24	2,95
95	44	3,0	5,0	Yorkshire Terrier-Mix	w	0	154	149	3,37	3,62	4,43
96	45	0,6	5,0	Jack Russel Terrier	w	0	136	136	4,06	3,47	3,32
97	45	0,6	5,0	Jack Russel Terrier	w	0	143	144	3,53	3,16	3,50
98	46	8,0	8,0	Jack Russel Terrier-Mix	wk	0	142	143	3,94	3,45	4,20
99	47	1,5	8,0	West Highland White Terrier	w	0	149	141	3,53	3,55	3,51
100	47	1,5	8,0	West Highland White Terrier	w	0	142	136	3,19	3,40	3,63
101	48	0,9	6,4	West Highland White Terrier	m	0	138	150	4,05	3,51	3,48
102	48	0,9	6,4	West Highland White Terrier	m	0	150	154	4,02	3,56	3,34
103	49	6,0	10,0	West Highland White Terrier	m	0	151	138	3,78	3,44	3,80
104	49	6,0	10,0	West Highland White Terrier	m	0	141	140	4,38	4,10	4,11
105	51	6,0	5,5	Pudel	m	0	150	148	3,81	3,85	3,88
106	52	9,0	13,0	Pudel	m	0	144	140	4,27	4,71	4,53
107	52	9,0	13,0	Pudel	m	0	143	140	5,04	4,93	5,25
108	53	0,5	9,5	Pekinesen-Mix	m	0	147	142	5,41	4,63	4,58
109	54	1,0	6,5	Border Terrier	wk	0	133	136	4,07	3,41	3,78
110	54	1,0	6,5	Border Terrier	wk	0	134	123	3,81	3,57	3,77
111	55	10,0	6,0	Pudel	w	0	145	143	3,96	4,03	3,64
112	55	10,0	6,0	Pudel	w	0	141	150	3,89	3,72	3,74
113	57	1,0	5,0	Havanese	m	0	146	153	3,56	3,26	3,45
114	57	1,0	5,0	Havanese	m	0	135	148	3,23	3,14	3,27
115	24	9,0	4,4	Yorkshire Terrier	wk	1	139	141	3,32	2,82	3,67
116	25	10,0	9,0	West Highland White Terrier	m	1	148	149	2,88	3,95	2,78
117	26	10,0	9,0	West Highland White Terrier	m	1	150	146	2,99	3,41	3,41
118	28	11,0	11,0	Tibet Terrier	mk	1	137	141	4,77	5,39	5,53
119	32	0,4	3,4	Shi-Tsu	w	1	152	151	3,07	2,81	2,93
120	53	0,5	9,5	Pekinesen-Mix	w	1	145	149	3,58	4,51	3,85
121	16867	4,0	32,0	Deutscher Schäferhund-Mix	m	2	139	136	5,70	7,22	5,20
122	18469	1,0	6,0	Jack Russel Terrier	w	2	149	142	3,56	3,03	2,98
123	18712	7,0	8,0	Pekinesen-Mix	w	2	141	140	2,79	3,34	3,69
124	20035	1,5	25,0	Rottweiler-Mix	w	2	140	142	6,33	5,76	6,22
125	16303	2,0	9,0	Scotch Terrier	m	2	156	167	4,33	3,68	4,85
126	18029	11,0	8,5	Cairn Terrier	m	2	138	135	4,23	3,39	3,88
127	18033	2,5	2,5	Pudel	m	2	148	148	3,45	2,96	2,67
128	18854	0,8	3,1	Japan-Chin	w	2	145	129	2,98	3,19	3,09
129	19489	7,0	4,0	Yorkshire Terrier	m	2	148	154	2,77	3,12	3,93
130	19489	7,0	4,0	Yorkshire Terrier	m	2	146	139	3,22	3,18	3,14
131	20621	3,0	13,0	Tibet Terrier	m	2	142	146	4,24	4,14	3,88
132	20621	3,0	13,0	Tibet Terrier	m	2	143	144	4,70	4,17	4,05
133	21282	6,0	16,0	Schnauzer-Mix	mk	2	146	148	4,69	4,71	4,91
134	21356	1,0	23,5	Eurasier	w	2	130	104	6,04	5,83	6,51
135	21652	4,0	6,5	Löwchen	m	2	144	146	2,71	3,33	3,26

<u>Pat-Nr</u>	<u>LLK2</u> (mm)	<u>BS1</u> (mm)	<u>BS2</u> (mm)	<u>ST1</u> (mm)	<u>ST2</u> (mm)	<u>BMK1</u> (mm)	<u>BMK2</u> (mm)	<u>BLK1</u> (mm)	<u>BLK2</u> (mm)	<u>HMK1</u> (mm)	<u>HMK2</u> (mm)	<u>HLK1</u> (mm)	<u>HLK2</u> (mm)	<u>TT</u> (mm)
91	3,62	6,34	6,34	1,78	1,23	4,68	5,56	5,11	4,90	1,33	1,34	1,34	1,22	*
92	3,80	6,82	6,56	1,14	1,01	4,33	4,80	4,89	4,56	0,90	1,45	1,00	1,12	*
93	3,02	6,78	6,00	0,89	1,12	4,78	5,45	5,56	5,33	1,12	0,89	0,90	0,56	*
94	3,35	5,79	7,19	0,83	1,07	4,88	5,37	4,88	4,71	0,92	1,08	1,07	1,25	*
95	3,64	7,61	7,00	0,84	0,92	4,89	5,37	4,88	5,04	0,99	1,08	1,00	1,16	*
96	3,64	6,85	6,59	1,43	1,46	5,71	5,22	4,89	4,63	1,17	1,17	1,25	1,00	*
97	3,61	6,67	6,45	1,10	1,00	4,88	4,75	4,79	5,00	1,08	0,91	1,08	1,00	*
98	4,11	7,71	7,17	1,32	1,17	5,37	5,42	5,62	4,84	1,41	1,17	1,32	1,18	*
99	3,70	6,79	6,67	1,13	1,41	5,56	4,47	4,12	4,63	1,44	0,91	1,24	1,16	*
100	3,10	6,45	6,02	1,07	1,22	4,42	4,72	4,75	4,63	0,99	1,22	1,07	1,32	*
101	3,75	7,03	7,01	1,24	1,02	5,08	5,07	5,24	5,06	1,12	1,10	1,30	1,00	*
102	3,75	7,11	7,11	0,79	0,90	5,18	5,12	5,17	5,00	0,68	0,78	0,67	0,67	*
103	3,74	7,33	6,70	1,00	1,24	5,37	4,88	6,36	5,54	0,91	1,16	1,08	1,24	*
104	4,11	8,01	7,71	7,43	1,50	5,59	5,40	5,83	6,26	1,42	1,51	1,34	1,44	*
105	3,78	7,43	7,34	0,98	1,08	5,75	5,63	5,00	5,30	1,00	1,07	1,00	1,08	*
106	4,52	8,36	8,68	1,25	1,57	6,53	6,43	6,37	6,08	1,49	1,33	1,40	1,51	*
107	4,46	9,76	8,85	1,59	1,73	6,95	6,95	6,71	6,12	1,32	1,48	1,49	1,57	*
108	3,00	9,59	6,67	1,49	1,25	6,86	5,90	6,69	5,25	1,16	0,91	1,24	0,99	*
109	3,45	7,19	6,36	1,57	1,17	4,61	4,84	5,33	4,59	1,40	1,43	1,48	1,50	*
110	3,60	6,99	6,31	1,45	1,61	5,57	5,42	5,09	4,82	1,18	1,61	1,36	1,61	*
111	3,87	7,25	7,50	1,08	1,26	5,59	5,59	5,34	5,68	1,17	1,17	1,26	1,09	*
112	4,04	7,15	7,50	1,24	1,10	5,00	4,80	4,75	5,79	1,17	0,83	1,25	0,91	*
113	3,15	6,71	6,23	0,92	0,71	4,35	5,10	4,61	4,25	1,06	0,98	1,12	1,05	*
114	2,98	5,99	5,88	1,19	0,85	5,23	4,97	4,78	5,23	1,31	1,31	1,24	1,44	*
115	3,51	6,54	5,96	1,32	1,07	4,38	5,70	4,39	4,14	1,01	1,08	1,24	0,85	*
116	3,44	5,44	7,11	0,90	1,02	4,01	5,98	4,33	4,64	0,90	0,91	0,60	0,91	*
117	3,80	5,98	6,89	0,81	0,89	4,37	4,78	5,14	5,34	0,79	0,79	0,68	1,11	*
118	4,78	9,59	9,57	2,00	1,79	7,08	6,85	7,98	6,63	1,56	1,69	1,69	1,81	*
119	2,94	5,83	5,57	0,67	0,78	4,18	4,14	4,07	4,01	0,55	0,57	0,55	0,67	*
120	3,48	7,08	7,07	1,09	1,15	6,50	5,93	6,08	5,00	0,84	0,74	1,00	0,82	*
121	5,22	10,22	11,58	1,78	2,23	8,29	9,69	7,64	8,28	1,69	2,22	2,02	1,97	*
122	2,96	6,31	5,66	0,74	1,00	4,59	4,53	4,18	4,35	0,68	0,66	0,74	0,84	*
123	3,49	6,11	6,12	1,13	1,27	4,45	5,32	4,45	5,97	0,89	1,64	0,89	1,45	*
124	4,95	11,78	10,11	2,22	1,69	9,89	7,88	8,76	7,53	2,25	1,81	2,25	1,91	2,60
125	4,60	9,03	8,21	0,69	0,52	5,59	5,25	5,77	5,34	0,85	0,58	0,90	0,68	*
126	3,98	7,57	6,80	1,46	1,43	5,60	5,27	5,59	5,79	1,46	1,41	1,25	1,59	*
127	3,26	5,89	5,99	0,94	0,84	4,89	3,85	3,10	4,24	0,76	0,76	0,71	0,92	*
128	3,50	5,79	6,05	1,01	1,33	4,05	4,32	4,05	5,07	0,83	1,32	0,83	1,41	*
129	3,52	6,45	6,48	0,92	0,74	4,38	4,88	4,25	4,22	0,92	1,00	1,05	1,16	*
130	2,96	6,08	5,75	0,92	1,11	4,59	4,21	4,27	4,74	1,07	0,99	1,08	1,05	*
131	3,81	7,69	7,60	1,45	1,16	5,45	6,47	5,45	5,35	0,91	1,33	0,98	0,98	1,55
132	3,59	8,29	7,48	1,54	1,08	6,28	6,18	6,11	6,00	1,33	1,05	1,50	0,98	*
133	4,71	9,18	9,05	1,41	1,31	6,12	5,96	7,18	7,50	1,18	0,96	1,29	1,20	1,55
134	8,33	11,79	11,41	2,27	4,12	7,81	10,00	7,44	10,48	1,44	3,96	1,60	4,17	4,10
135	3,61	5,68	6,64	1,17	1,07	4,78	4,96	6,13	5,23	0,72	0,89	0,82	0,80	1,30

Fortsetzung Tab. 28: Patientendaten und ihre Meßwerte

<u>Pat-Nr</u>	<u>US-Nr</u>	<u>A</u> (J)	<u>Gew</u> (kg)	<u>Rasse</u>	<u>Ges</u>	<u>PL</u>	<u>SA1</u> (°)	<u>SA2</u> (°)	<u>LMK1</u> (mm)	<u>LMK2</u> (mm)	<u>LLK1</u> (mm)
136	21652	4,0	6,5	Löwchen	m	2	139	139	3,11	3,45	3,42
137	33	0,7	2,0	Yorkshire Terrier	w	2	147	143	3,04	2,80	2,91
138	40	4,0	5,0	Shi-Tsu	w	2	154	150	2,71	3,35	2,12
139	43	7,0	7,0	Yorkshire Terrier	m	2	157	146	3,07	3,03	3,60
140	51	6,0	5,5	Pudel	m	2	151	150	4,00	4,18	4,38
141	56	11,0	7,0	Yorkshire Terrier	m	2	133	136	3,69	3,39	3,46
142	56	11,0	7,0	Yorkshire Terrier	m	2	131	133	3,98	3,63	4,00
143	16890	6,0	28,0	Labrador	w	3	129	131	6,27	6,97	4,34
144	17563	5,0	9,0	Cavalier King Charles Spaniel	w	3	155	149	3,92	3,73	3,42
145	19011	9,0	3,2	Yorkshire Terrier	w	3	151	155	2,49	2,62	2,51
146	19147	13,0	4,0	Yorkshire Terrier	w	3	140	150	2,46	2,63	2,64
147	21530	1,0	10,0	Collie-Mix	m	3	146	148	3,93	4,37	3,47
148	18165	12,0	4,5	Yorkshire Terrier	w	3	144	137	2,98	3,04	2,80
149	16301	1,0	3,2	Havanese	w	3	151	155	3,25	3,84	2,73
150	16342	3,0	40,0	Labrador	m	3	127	127	6,73	6,41	6,43
151	16351	1,0	10,0	Spitz-Mix	m	3	135	139	4,71	4,81	4,10
152	16468	11,0	3,6	Yorkshire Terrier	m	3	147	141	2,91	3,14	2,69
153	16481	3,5	13,5	Jack Russel Terrier	w	3	146	146	5,68	5,28	4,31
154	18033	2,5	2,5	Pudel	m	3	150	145	3,12	3,11	2,97
155	18119	11,0	5,2	Yorkshire Terrier-Mix	w	3	138	151	3,78	2,74	3,32
156	18195	1,0	1,2	Yorkshire Terrier	m	3	170	160	1,93	2,10	1,79
157	18195	1,0	1,2	Yorkshire Terrier	m	3	156	148	2,11	1,82	1,95
158	18854	0,8	3,1	Japan-Chin	w	3	139	136	2,98	3,09	3,19
159	19982	0,6	5,0	Foxterrier	w	3	163	163	4,58	4,54	2,82
160	21258	1,5	3,4	Papillon	m	3	134	133	2,62	3,06	2,92
161	21258	1,5	3,4	Papillon	m	3	143	138	2,73	2,53	2,73
162	33	0,7	2,0	Yorkshire Terrier	w	3	148	140	2,40	2,46	2,47
163	39	9,0	3,8	Yorkshire Terrier	w	3	145	150	2,70	2,16	2,53
164	39	9,0	3,8	Yorkshire Terrier	w	3	134	141	2,19	2,46	2,08
165	50	1,0	1,3	Yorkshire Terrier	w	3	149	151	2,15	1,86	2,00
166	50	1,0	1,3	Yorkshire Terrier	w	3	157	152	1,97	3,25	2,38
167	15503	1,0	7,5	Border Terrier	w	4	120	148	2,94	3,45	2,59
168	19982	0,4	5,3	Foxterrier	w	4	171	178	2,57	3,05	2,25
169	20213	10,0	31,5	Staffordshire Terrier	mk	4	137	140	7,35	7,17	7,39
170	46	8,0	8,0	Jack Russel Terrier-Mix	wk	4	139	145	3,58	2,98	4,15

<u>Pat-Nr</u>	<u>LLK2</u> (mm)	<u>BS1</u> (mm)	<u>BS2</u> (mm)	<u>ST1</u> (mm)	<u>ST2</u> (mm)	<u>BMK1</u> (mm)	<u>BMK2</u> (mm)	<u>BLK1</u> (mm)	<u>BLK2</u> (mm)	<u>HMK1</u> (mm)	<u>HMK2</u> (mm)	<u>HLK1</u> (mm)	<u>HLK2</u> (mm)	<u>TT</u> (mm)
136	3,56	6,13	6,58	1,17	1,36	5,32	5,14	4,87	5,59	0,99	1,00	0,91	1,08	*
137	3,09	5,71	5,59	0,85	1,03	4,35	3,94	3,26	3,78	1,12	0,82	0,76	0,85	*
138	2,73	4,71	5,87	0,58	0,83	4,05	4,55	3,81	4,55	0,41	0,58	0,52	0,67	*
139	3,22	6,53	5,99	0,68	0,99	4,88	6,53	4,96	4,96	0,75	0,74	0,75	0,67	*
140	4,21	8,11	8,11	0,90	1,07	4,83	5,22	5,54	5,54	0,84	0,91	0,74	0,91	*
141	3,25	6,56	6,16	1,49	1,31	5,26	4,86	4,29	4,31	1,37	1,11	1,23	0,92	*
142	3,68	7,26	6,71	1,70	1,45	5,29	5,06	4,97	5,69	1,76	1,26	1,77	1,44	*
143	6,22	9,60	11,99	2,18	2,79	9,91	9,44	8,82	10,26	1,92	2,47	2,10	2,38	*
144	3,21	7,16	6,67	0,80	0,90	5,34	5,00	4,55	4,89	0,57	1,00	0,72	0,78	1,00
145	2,08	4,83	4,59	0,75	0,61	3,57	4,02	3,39	3,42	0,67	0,57	0,68	0,42	*
146	2,51	4,79	4,96	0,91	0,67	3,56	4,13	3,47	3,55	0,58	0,58	0,83	0,58	*
147	4,16	7,08	8,20	1,15	1,26	5,94	5,50	4,82	5,68	1,16	1,00	1,25	1,00	1,30
148	3,01	5,50	5,62	0,90	1,25	4,48	4,30	4,38	4,30	0,83	0,91	0,82	0,83	0,70
149	3,64	5,79	7,30	0,75	0,82	5,97	4,80	4,39	4,63	0,93	0,83	0,80	0,99	*
150	6,26	11,80	11,30	2,92	2,90	9,11	10,01	11,22	10,34	2,78	2,13	2,89	2,03	*
151	4,19	8,15	8,44	1,68	1,56	6,69	6,60	6,94	5,18	1,82	1,32	1,65	1,45	*
152	2,56	5,37	5,37	0,83	0,91	4,05	4,20	3,64	3,61	0,67	0,74	0,74	0,74	*
153	4,36	9,57	9,22	1,35	1,34	6,81	6,60	6,45	5,93	1,35	1,43	1,13	1,45	*
154	2,83	5,89	5,66	0,92	0,82	3,85	4,67	3,92	3,92	0,67	0,84	0,67	0,71	*
155	3,01	6,62	5,57	1,24	0,73	5,17	4,05	4,78	3,97	1,09	0,74	1,00	0,89	0,90
156	1,55	3,71	3,60	0,21	0,33	2,32	2,68	2,25	2,03	0,09	0,27	0,13	0,26	0,30
157	1,78	3,97	3,46	0,41	0,53	2,89	2,81	2,81	2,42	0,34	0,26	0,33	0,33	0,20
158	3,09	5,79	5,74	1,16	1,15	4,30	4,13	4,30	3,82	1,16	1,15	1,09	1,07	1,10
159	2,93	7,32	7,39	0,46	0,55	4,03	5,05	3,84	3,78	0,37	0,46	0,40	0,55	*
160	3,48	5,10	5,99	1,14	1,32	4,14	4,37	4,91	4,91	1,02	1,08	1,02	1,26	*
161	2,96	5,18	5,12	0,89	1,07	4,35	4,00	3,88	4,35	0,79	0,84	0,66	0,95	0,65
162	2,43	4,68	4,60	0,67	0,93	3,18	3,69	3,33	3,50	0,51	0,69	0,50	0,75	*
163	2,32	4,99	4,33	0,68	0,70	3,51	3,72	3,64	2,57	0,84	0,42	0,83	0,41	*
164	2,01	3,93	4,22	0,79	0,75	3,79	3,61	4,23	3,36	0,57	0,82	0,44	0,76	*
165	1,79	4,00	3,54	0,46	0,39	2,62	2,50	2,81	2,35	0,54	0,33	0,47	0,33	*
166	2,24	4,25	4,44	0,40	0,60	2,62	3,07	2,88	2,82	0,33	0,52	0,40	0,39	*
167	3,00	4,78	6,20	1,45	0,91	5,12	4,54	4,45	4,63	1,23	0,79	0,92	0,79	*
168	2,93	4,78	5,96	0,25	0,25	3,67	3,93	3,22	3,48	0,35	0,36	0,22	0,36	0,20
169	6,11	13,72	12,50	2,92	2,27	10,93	9,81	9,67	9,43	2,45	2,27	2,45	1,92	1,70
170	2,77	7,24	5,49	1,37	0,90	4,82	6,07	5,67	4,92	1,12	0,66	1,12	0,84	*

Tab. 28: Patientendaten und ihre Meßwerte

Pat-Nr = Patientennummer, US-Nr = Ultraschallnummer, A = Alter, (J) = Jahre,
Gew = Gewicht, (kg) = Kilogramm, Ges = Geschlecht, PL = Patellaluxationsgrad,
SA1 = Sulkuswinkel suprapatellar, SA2 = Sulkuswinkel infrapatellar,
LMK1 = Länge medialer Kondylus suprapatellar, LMK2 = Länge medialer Kondylus
infrapatellar,
LLK1 = Länge lateraler Kondylus suprapatellar, LLK2 = Länge lateraler Kondylus
infrapatellar,
BS1 = Sulkusbreite suprapatellar, BS2 = Sulkusbreite infrapatellar,
ST1 = Trochleatiefe suprapatellar, ST2 = Trochleatiefe infrapatellar,
BMK1 = Breite medialer Kondylus suprapatellar, BMK2 = Breite medialer Kondylus
infrapatellar,
BLK1 = Breite lateraler Kondylus suprapatellar, BLK2 = Breite lateraler Kondylus
infrapatellar,
HMK1 = Höhe medialer Kondylus suprapatellar, HMK2 = Höhe medialer Kondylus
infrapatellar,
HLK1 = Höhe lateraler Kondylus suprapatellar, HLK2 = Höhe lateraler Kondylus
infrapatellar,
TT = Trochleatiefe (operativ gemessen), * = nicht bekannt/nicht gemessen

Danksagung

Herrn PD Dr. M. Gerwing danke ich für die Ausbildung in der Ultraschalldiagnostik, für die vertrauensvolle Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Anfertigung der vorliegenden Dissertation.

Bei Herrn Prof. Dr. E. Schimke möchte ich mich für die freundliche Aufnahme in der Chirurgischen Veterinärklinik, Kleintierchirurgie, bedanken.

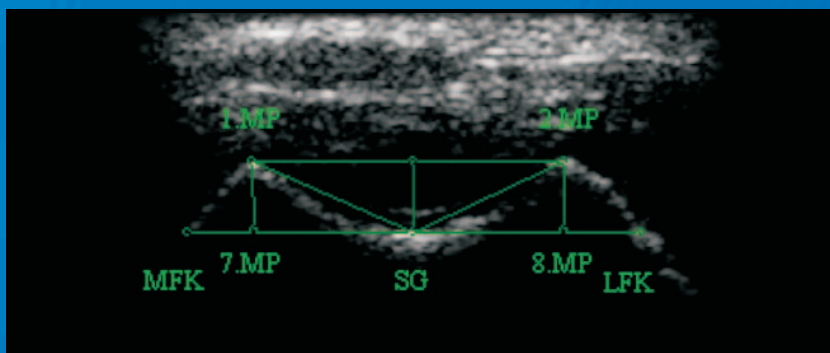
Herrn Prof. Dr. M. Kramer danke ich für die Einführung in die abdominale und orthopädische Sonographie und für die anspornenden Worte.

Den derzeitigen und ehemaligen Mitarbeitern der Kleintierchirurgie danke ich für die nette Zusammenarbeit.

Besonderer Dank gilt Herrn Dr. A. Flöck, der das Computerprogramm für die Ausmessung geschrieben hat.

Ein weiterer besonderer Dank geht an Frau Dr. K. Broich, die mir sehr oft mit Rat und Tat zur Seite gestanden und stets aufmunternde Worte gefunden hat.

Weiterhin möchte ich mich bei meinen Eltern und Freunden für ihr Verständnis und ihre Aufmunterung bedanken.



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
 GLEIBERGER WEG 4
 D-35435 WETTENBERG

Tel: +49-(0)6406-4413 Fax: -72757
 redaktion@doktorverlag.de
 www.doktorverlag.de

ISBN 3-89687-424-1



9 783896 874245